

การประชุมวิชาการระดับชาติ และนานาชาติ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยทักษิณ

ประจำปี 2566

ครั้งที่
34

The 34th National Conference and
**The 1st International Conference
on ASEAN Sustainable Development**
(ICASD 2023)

Thaksin University

การวิจัยและนวัตกรรมสังคม
มุ่งสู่เป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน

ISBN 978-974-474-092-2

คำนำ

ด้วยสถาบันวิจัยและพัฒนา และวิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ กำหนดการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 34 และนานาชาติ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี 2566 The 34th National Conference and The 1st International Conference on ASEAN Sustainable Development (ICASD 2023) ในระหว่างวันที่ 20-21 กรกฎาคม 2566 ภายใต้หัวข้อ : การวิจัยและนวัตกรรมสังคมมุ่งสู่เป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน (Research and Social Innovation for Sustainable Development Goal : SDGs) ณ โรงแรม คริสตัล หาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ในรูปแบบ Onsite โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเวทีทางวิชาการให้กับนักวิจัยและนิสิต/นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาได้พบปะแลกเปลี่ยนเรียนรู้และประสบการณ์ด้านการวิจัย ในการประชุมวิชาการ ครั้งนี้ มีการบรรยายพิเศษจากวิทยากรระดับประเทศ และมีกิจกรรมการนำเสนอผลงานวิจัย ภาคบรรยาย จำนวน 66 ผลงาน และภาคโปสเตอร์ จำนวน 46 ผลงาน รวมถึงการจัดบูธนิทรรศการมหาวิทยาลัยทักษิณ จำนวน 10 บูธ

คณะผู้ดำเนินการจัดประชุมวิชาการ ขอขอบพระคุณหน่วยงานเจ้าภาพร่วมที่ได้ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการจัดประชุม ขอขอบคุณผู้นำเสนอผลงานวิจัย ตลอดจนคณะทำงานจากสถาบันวิจัยและพัฒนา และคณะกรรมการจากหน่วยงานต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัยทักษิณ ที่มีส่วนร่วมสำคัญในการจัดประชุมวิชาการครั้งนี้ ให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

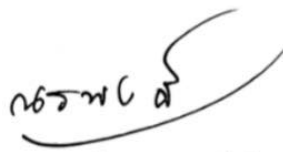
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ

กรกฎาคม 2566

สารจากอธิการบดี

มหาวิทยาลัยทักษิณได้กำหนด “หมุดหมาย” (Milestones) การบริหารเพื่อขับเคลื่อนและมุ่งสู่การเป็นมหาวิทยาลัยนวัตกรรมสังคม โดยกำหนดให้หมุดหมายที่ 2 เน้นการสร้างผลงานวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ตอบโจทย์การพัฒนาเชิงพื้นที่ และการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ทำให้การวิจัยและนวัตกรรมจึงมีความสำคัญยิ่งต่อการสร้างองค์ความรู้ เพื่อเตรียมความพร้อมของสังคมสามารถป้องกันปรับตัวในทิศทางที่ตอบสนองต่อภาวะวิกฤตต่าง ๆ หรือการแสดงออกถึงศิลปะ ดนตรี วรรณกรรม ที่ช่วยปลอบประโลมจิตใจ การสร้างกำลังใจที่จะอยู่ร่วมกันอย่างมีความหวัง พลัง ความรู้สึกเห็นคุณค่าของความร่วมมือทุกส่วนในการฟันฝ่าวิกฤตนี้ ไปด้วยกัน สร้างความเชื่อมั่นระหว่างภาคชุมชน ภาครัฐ และภาคเอกชน ในการนี้สถาบันการศึกษา จึงเป็นพลังทางสังคมและกลไกที่สำคัญยิ่งด้านการวิจัยที่สร้างนวัตกรรมทางสังคม ซึ่งเชื่อมโยงกับนโยบายและยุทธศาสตร์การอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อววน.) พ.ศ. 2563 -2570 และแผนกลยุทธ์มหาวิทยาลัยทักษิณ ระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2566-2570) เพื่อเป็นกรอบแนวทางในการขับเคลื่อนพัฒนามหาวิทยาลัยและขับเคลื่อนประเทศให้สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) รวมถึงแผนยุทธศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยทักษิณ พ.ศ. 2564-2568 (TSU-Social Innovation Movement; TSU SIM Movement) ที่ได้เชื่อมโยงกับนโยบายและการปฏิรูประบบอุดมศึกษา ภายใต้โครงการพลิกโฉมมหาวิทยาลัย (Reinventing University) ของกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) กำหนดกรอบแนวคิดด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยทักษิณ พ.ศ. 2564-2568 เพื่อขับเคลื่อน “นวัตกรรมสังคม” สำหรับการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 34 และนานาชาติ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี 2566 The 34th National Conference and The 1st International Conference on ASEAN Sustainable Development (ICASD 2023) ภายใต้หัวข้อ : การวิจัยและนวัตกรรมสังคมมุ่งสู่เป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน (Research and Social Innovation for Sustainable Development Goal : SDGs) เป็นจุดสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยทักษิณและสถาบันอุดมศึกษา องค์กร และเครือข่ายในระบบวิจัยทั่วประเทศ ที่จะนำเสนอผลงานวิจัยที่มีศักยภาพพร้อมใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ เชิงสังคม และเชิงพาณิชย์ หรือต่อยอดเพื่อสร้างคุณค่าและมูลค่าขับเคลื่อนการพัฒนาชุมชน สังคมของประเทศไปสู่การแข่งขันในระดับนานาชาติ รวมถึงแสดงให้เห็นถึงความร่วมมือกับภาคพันธมิตร และถือเป็นพลังสร้างสรรค์สำคัญสำหรับการสร้างคน สร้างองค์ความรู้ และสร้างผลงานวิจัยและนวัตกรรม อีกทั้งเป็นกลไกส่งเสริมและถ่ายทอดความรู้และพลังปัญญาเพื่อพัฒนามหาวิทยาลัยสู่มาตรฐานระดับนานาชาติบนฐานท้องถิ่น (The University of Glocalization)

มหาวิทยาลัยทักษิณ ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (NIA) กรมทรัพย์สินทางปัญญา (DIP) หน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) หน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) และสมาคมวิศวกรรมชีวภาพอาเซียน ที่ร่วมเป็นหน่วยงานร่วมจัด และขอขอบคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิจัย ผู้นำเสนอผลงานวิจัย คณะกรรมการดำเนินการจัดประชุมวิชาการฯ ทุกท่าน รวมทั้งบุคลากรสังกัดสถาบันวิจัยและพัฒนา และบุคลากรหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งในและนอกมหาวิทยาลัยทักษิณ ที่มีส่วนร่วมและอำนวยความสะดวกในการจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การจัดประชุมฯ ในครั้งนี้จะสัมฤทธิ์ตามความมุ่งหมายทุกประการ



(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ จิตรนิรัตน์)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยทักษิณ

สารบัญ

คำนำ	3
สารจากอธิการบดี	5

การนำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยาย ORAL PRESENTATION

Session วิทยาศาสตร์ชีวภาพและเกษตรศาสตร์

○ 1 การศึกษาคุณสมบัติเชิงโครงสร้างและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลสเสทจากถั่วมะแฮะที่ย่อยด้วยเอนไซม์โปรตีเอสเชิงการค้า 3 ชนิด ศิริพร บุตรสีโคตร	19
○ 2 โครงการนำร่อง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตแรงดันไฟฟ้าของแบคทีเรีย <i>Lactobacillus sp.reuteri</i> ด้วยเซลล์เชื้อเพลิงแบคทีเรีย พีรวิชญ์ บุญสมเชื้อ	29
○ 3 ศึกษากรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมมุลว้าว ชัยรัตน์ หงษ์ทอง	37

Session วิทยาศาสตร์เคมีและเภสัช

○ 4 การพัฒนาตัวรับไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอางจากน้ำมันพืช ประภาพร บุญมี	49
○ 5 การเตรียมและพิสูจน์เอกลักษณ์ แมกนีเซียมไอร์ออน-เลเยอร์ดับเบิลไฮดรอกไซด์เป็นตัวดูดซับเพื่อบำบัด น้ำเสียสีย้อมอิรีโอโครมแบลคทีและคองโกเรด พนิดา สุมานะตระกูล	59
○ 6 การใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอสำหรับการตรวจสอบยีนต้านทานโรคไหม้ในข้าว บุษยารัตน์ เพชรเพ็ง	55
○ 6 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอตจากน้ำมันปาล์มใช้แล้วโดยใช้เชื้อ <i>Enterobacter.sp</i> บุษยารัตน์ เพชรเพ็ง	69
○ 7 ถูมือในห้องปฏิบัติการ: แอนติโมนีไตรออกไซด์ในน้ำยาทำความสะอาด พนิดา สุมานะตระกูล	79

Session พิสิกส์ พิสิกส์ศึกษาและวิศวกรรมศาสตร์

- 8 แนวทางการบริหารเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชน
ในจังหวัดนครศรีธรรมราช
วิระยุทธ สุดสมบูรณ์ 91
- 9 การออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเองโดยกระบวนการมีส่วนร่วม
ของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนอำเภอหนองปีดำ จังหวัดนครศรีธรรมราช
วิระยุทธ สุดสมบูรณ์ 99
- 10 การทดสอบความเหนียวของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ กรณีศึกษา ศูนย์บริการ Isuzu
อุดุลย์ พัฒนภักดิ์ 107
- 11 การศึกษากระบวนการสร้างซิลิคอนเวเฟอร์สำหรับสารกึ่งตัวนำชนิดไดโอด รุ่น 2EZ24D5
กิตติศักดิ์ เกาะแก้ว 117

Session คณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์

- 12 การพยากรณ์จำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงโดยใช้ ARIMAX
จิรภัทร คงสังข์ 127
- 13 การพัฒนาระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน
LINE Notify ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
โพธิ์เศรษฐ์ โพธิ์ปลอด 135
- 14 การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา
อิศรา สุขทัต 145
- 15 การพัฒนาระบบสำรองที่พักรถสำหรับแมวเพื่อส่งเสริมธุรกิจโรงแรมแมว
มณฑนา จีบปั้ง 153
- 16 การทำซ้ำส่วนประกอบของกราฟในกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์และการกำกับเกรชฟูล
ศิวพร แซ่วัน 163
- 17 A Comparative Result Analysis of Basic Imputation Techniques on Different Scales
เวธนี พันธุเณร 175
- 18 ความสัมพันธ์ของบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบกับการใช้ภาษา
ศิริณัฐรดา เอกอัครรุ่งโรจน์ 185

Session วิทยาศาสตร์สุขภาพ

- 19 พฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในพื้นที่ตำบลนาพรุ อำเภอพระพรหม
จังหวัดนครศรีธรรมราช
ธัญมัย ฉันทวี 199
- 20 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ส่วนกับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน
ชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง
ตำบลช้างซ้าย อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช
ธนิดา สติตอตุสาทร 207

Session การศึกษา

- 21 การใช้รูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H เพื่อพัฒนาการอ่านเพื่อความเข้าใจวิชาภาษาอังกฤษอ่าน เขียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ฉมพลวรรณ ศรีสุวรรณ 223
- 22 การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4
อินทัช ขวัญสถาพรกุล 231
- 23 กระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกที่มีต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สาระภูมิศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
อนิตตา วุ่นสั่งท่า 239
- 24 การพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านทุ่งไพล
กฤติมา สุวรรณโร 247
- 25 การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยการจัดการเรียนรู้แบบ ปัญหาเป็นฐานในรายวิชาอิสลามศึกษา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี
มีซาน แสงอารี 259
- 26 การพัฒนาห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี วิชาวิทยาการคำนวณสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพื้นที่นวัตกรรมการศึกษา
รัฐเดช เข็ง 267
- 27 การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
แวชากิยะห์ วานี 277
- 28 การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส โดยใช้วิธีการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
อามัน วีรภัทรชฎากร 287
- 29 การพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ฟลิคส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง พลังงานกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ชญัญญาช แยมไสว 297

Session มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

- 30 แนวทางการกำหนดองค์ประกอบชุมชนภายในโครงการที่พักอาศัยเพื่อผู้มีรายได้น้อยในประเทศไทย
ที่เหมาะสมและตอบสนองต่อความต้องการของชุมชน : กรณีศึกษา โครงการบ้านเอื้ออาทร
มาณฑล ศิริภิญโญกิจ 309
- 31 คุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร
อรุณกมล สัตย์รัมย์ 317
- 32 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ของพนักงาน บริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด
ธนัชพงศ์ เรืองฐิตพจน์ 325
- 33 การศึกษาตามแนวภูมิทัศน์เชิงภาษาศาสตร์ของภาษาบนป้ายโฆษณาเชิงพานิชย์
ในเขตเทศบาลนครยะลา จังหวัดยะลา
วรวุฒิพิสิษ ยศศิริ 335
- 34 การศึกษาสภาพและปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่กองถ่ายละครโทรทัศน์
กรณีศึกษาเขตกรุงเทพมหานคร
ไกววัลยา เพชรไพรินทร์ 343
- 35 “เสียชีวิตเวลาสี่ทุ่มห้าสิบห้านาที”: อาชญากรรมกับการตัดแปลงใน ทริอาช
ธงชัย แซ่เจี๋ย 351

Session บริหารธุรกิจและเศรษฐศาสตร์

- 36 สถานการณ์การเงินของบริษัทประกันภัยและปัญหาที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ประกันภัยโควิด “เจอ จ่าย จบ”
จิรภัทร คงสังข์ 361
- 37 ปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาทองคำในประเทศไทยภายใต้สถานการณ์ช่วงก่อนเกิด
และระหว่างการแพร่ระบาดไวรัสโคโรนา 2019
อรปรียา มากโอสถ 371
- 38 ความสัมพันธ์ดุลยภาพระยะยาวระหว่างการใช้จ่ายภาครัฐกับรายได้ประชาชาติ
ภายใต้สมมติฐานของวากเนอร์ กรณีศึกษาประเทศไทย
นุริญา ต้า ทลีหนูด 381
- 39 ผลกระทบของการแพร่ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ต่อตลาดสกุลเงินดิจิทัล
โดยวิธีการของเบย์เซียนเวกเตอร์อโต้ รีเกรสชัน
จุฑามณี เพชรขาวช่วย 389
- 40 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์รวมในประเทศจากภาคการผลิตและภาคการเงิน
ชัยพล บุญยทิมาพะ 399
- 41 แนวทางการพัฒนาพนักงานขับรถบรรทุกขนส่งสินค้าทางถนน เพื่อรองรับประเทศไทย 4.0
กมลพรรณ น้อยเจริญ 409
- 42 การวัดความสามารถในการส่งออกปลาหูฉลามกระป๋องของไทย
สุจิตรา บุญจันทร์ 419

Session ผลงานสร้างสรรค์

- 43 การสร้างสรรค์ละคร เรื่อง Begin with a Change (เริ่มต้นที่การเปลี่ยนแปลง)
เพื่อสะท้อนปัญหาภัยแอลกอฮอล์ ความเสมอภาค สู่การเปลี่ยนแปลงในสังคมปัจจุบัน
สายฝน ฝ้ายเส็ง 433

การนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ POSTER PRESENTATION

Session วิทยาศาสตร์ชีวภาพและเกษตรศาสตร์

P 1	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวหมากทอดกรอบ อดิศรา ต้นตสุทธิกุล	445
P 2	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบของเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือ ณัฐหทัย สุทธิวงษ์	453
P 3	การประเมินความปลอดภัยของเชื้อ Lactobacillus Sup 1 แยกจากนมแม่หลังคลอด 2 วัน ด้วยวิธี phenotype และ การวิเคราะห์รหัสพันธุกรรมทั้งจีโนม สุภัจรี เรืองสมวงศ์	463
P 4	การสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือใช้หน่อไม้ฝรั่ง วิมลศรี พรรณประเทศ	471
P 5	การผลิตสีจากจุลินทรีย์ด้วยข้าวและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ศกุนตลา ศิริอุดม	481
P 6	คุณค่าทางโภชนาการ และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของ Nostoc commune Vaucher TISTR 8160 นวลจันทร์ ใจใส	489
P 7	ประสิทธิภาพของกรดอะมิโนปลาทะเลต่อการเจริญเติบโตของเคลที่ปลูกในช่วงฤดูร้อน สรพงค์ เบญจศรี	497
P 8	ผลของการสกัดฟรักแทนจากรากหน่อไม้ฝรั่งเหลือทิ้งจากกระบวนการเกษตรด้วยตัวทำละลายน้ำ และเอนไซม์ทางการค้าต่อคุณสมบัติทางทางเคมีและทางกายภาพของสารสกัด วลัยพร เหมโส	505
P 9	การจำแนกชนิดหอยฝาเดียวน้ำจืดที่เป็นโฮสต์ของพยาธิใบไม้ตับด้วย Morphometric และ Barcode Taq Sequencing จุฑารัตน์ กุลสันตวิวงศ์	515
P 10	จุลกายวิภาคของอวัยวะของปลาหมอช้างเหยียบ <i>Pristolepis fasciata</i> Bleeker, 1851 อัคนี ผิวหอม	529

Session วิทยาศาสตร์เคมีและเภสัช

P 11	การพัฒนาชีวไฟฟ้าจากถ่านกัมมันต์กากกาแฟที่ปรับปรุงพื้นผิว จารวี ชูภิรมย์	539
P 12	สารยีสีสีย้อมประจุบวกจากสารสกัดเคราติน ศิริพร จันทศิริ	547

Session ฟิสิกส์ ฟิสิกส์ศึกษาและวิศวกรรมศาสตร์

P 13	การเตรียมและสมบัติของยางคอมปาวด์ผสมทรายแก้วและเขม่าดำ กฤษฎา พัชรสิทธิ์	557
------	---	-----

Session คณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์

- P 14 เทคนิคการตรวจจับอากาศยานด้วยคอมพิวเตอร์วิชเรียนรู้เชิงลึกประยุกต์ใช้
อัลกอริทึม YOLOv7
ศิริชัย ลาภาสระน้อย 567

Session วิทยาศาสตร์สุขภาพ

- P 15 ภาวะอาการทางระบบประสาทแย่ลงอย่างรวดเร็วในระยะก่อนหรือขณะอยู่ในแผนกฉุกเฉิน
ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเฉียบพลัน: การทบทวนความรู้จำเพาะประเด็น
จอม สุวรรณโณ 581
- P 16 ภาวะอาการระบบประสาทที่ขึ้นในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือดเฉียบพลัน
ที่ได้รับการรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือด: การทบทวนความรู้จำเพาะประเด็น
จอม สุวรรณโณ 591
- P 17 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันโลหิตสูงและการเกิดโรคหัวใจหลอดเลือดในวัยทำงาน:
การทบทวนวรรณกรรม
กันยารัตน์ พัวพันธ์ 601
- P 18 พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานแผนกเสื้อผ้าในโรงงานไม้
โสมศิริ เดชารัตน์ 615
- P 19 ความชุกและความสัมพันธ์ของภาวะน้ำตาลในเลือดสูงกับผลลัพธ์ที่เลวลง
ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน
กัญญาพัชร ศรีสุชาติ 623
- P 20 ความชุกของเมตาเซอร์คาเรียพยาธิใบไม้ลำไส้ขนาดเล็กในปูนาจากอำเภอบ้านดุง
และ อำเภอไชยวาน จังหวัดอุดรธานี
นิภาวรรณ ดุ ซุซซ์ 631

Session การศึกษา

- P 21 การศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้รายวิชาการผลิตนกแอ่นกินรังในรูปแบบออนไลน์
และไฮบริดในช่วงสถานการณ์ Covid-19
เทียนทิพย์ ไกรพรหม 641
- P 22 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนและทักษะการเขียนโปรแกรม วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
นิจชนันท์ ชูศรี 651
- P 23 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูมที่มีต่อ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสืบค้นข้อมูล รายวิชา เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ)
ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
ชนิกานต์ ธรรมดิษฐ์ 663

Session มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

- P 24 การมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของอาสาสมัคร
พิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหมู่บ้านจังหวัดพิจิตร
กนกรัตน์ รัตนพันธุ์ 673
- P 25 การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษ
เพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย
รัชนิวรรณ แดงวิไลลักษณ์ 681

Session บริหารธุรกิจและเศรษฐศาสตร์

- P 26 ระบบบริหารจัดการยานพาหนะแบบออนไลน์ต้นทุนต่ำ
วรัญญา ไชยชาญยุทธ์ 699

Session ผลงานสร้างสรรค์

- P 27 สารยีสต์ย้อมประจวบจากสารสกัดเคราติน
ธีรยุทธ อินทจักร์ 711

- ภาคผนวก 721

การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย

Oral Presentation



Session
**วิทยาศาสตร์ชีวภาพ
และเกษตรศาสตร์**

การศึกษาคุณสมบัติเชิงโครงสร้างและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลสจากถั่วมะแฮะที่ ย่อยด้วยเอนไซม์โปรตีเอสเชิงการค้า 3 ชนิด

ศิริพร บุตรสีโคตร^{1*} ทองกร พลอยเพชร¹ วราภรณ์ ศรีเดช¹ วิริยาภรณ์ สุ่มสกุล² สินี ศิริคุณ¹ จิรเมธ อุพารวิวัฒน์²

บทคัดย่อ

ถั่วมะแฮะ จัดอยู่ในพืชตระกูลถั่วที่มีศักยภาพเป็นแหล่งโปรตีนสูงอีกทั้งมีปริมาณไขมันต่ำ จึงเหมาะสมสำหรับผลิตโปรตีนเข้มข้นและโปรตีนไฮโดรไลสหรือเปปไทด์ที่มีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติเชิงโครงสร้างของโปรตีนเข้มข้นและโปรตีนถั่วมะแฮะไฮโดรไลสหรือเปปไทด์ที่มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ โปรตีนถั่วมะแฮะเข้มข้นถูกสกัดที่จุดไอโซอิเล็กทริกของโปรตีนและโปรตีนที่ได้เตรียมจากการย่อยด้วยเอนไซม์โปรตีเอสเชิงการค้า พบว่าโปรตีนถั่วมะแฮะเข้มข้นมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 80 มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดใหญ่ 17-63 kDa และกรดอะมิโนจำเป็นทั้งหมดสูง โปรตีนไฮโดรไลสที่ย่อยด้วยเอนไซม์ Protease P6SD[®] พบว่าโปรตีนไฮโดรไลสที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลงตั้งแต่ <8-10 และ 17-48 kDa ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำและกรดอะมิโนอะโรมาติกอยู่จำนวนมาก เปปไทด์ที่ได้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS⁺⁺ (772.69 mg TEAC/g sample) ได้มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) รองลงมาคือยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP (111.16 mg TEAC/g sample) และ DPPH^{*} (46.71 mg TEAC/g sample) ตามลำดับ ดังนั้นโปรตีนถั่วมะแฮะเข้มข้นและโปรตีนไฮโดรไลสจึงเป็นส่วนประกอบของอาหารที่มีศักยภาพสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันต่อไป

คำสำคัญ: สมบัติเชิงโครงสร้าง ถั่วมะแฮะ เอนไซม์ทางการค้า กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ โปรตีนไฮโดรไลส เปปไทด์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ

¹นักวิจัย, ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย จังหวัดปทุมธานี 12120

² นักวิจัย, ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมผลิตภัณฑ์สมุนไพร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย จังหวัดปทุมธานี 12120

¹Research officer, Expert center of innovative health food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research 12120

² Research officer, Expert center of innovative herbal products, Thailand Institute of Scientific and Technological Research 12120

*Corresponding Author: E-mail: siriporn_c@tistr.or.th

Comparative Study on Structural Properties and Antioxidant Activities of Pigeon Pea Protein Hydrolyzed from Three Commercial Protease Enzyme

Siriporn Butseekhot^{1*}, Thongkorn Ploypetchara¹, Waraporn Sorndech¹, Wiriyaorn Sumsakul²,
Sinee Siricoon¹, Chiramet Auranwivat²

Abstract

Pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.) is classified into legume family, which is high in protein and low-fat seed. This seems suitable to produce protein concentrated and protein hydrolysates or peptides which is valuable in bioactivity. This research aimed to study a structural properties of pigeon pea protein concentrated and hydrolysates or peptides, containing an antioxidant activity. Pigeon pea concentrated was precipitated at isoelectric point of their protein; in additional, protein was derived by commercial protease enzymes. The result showed that pigeon pea protein extract had 80% of protein content, including large molecular weight as 17-63 kDa and high essential amino acids content. Protein hydrolysates digested by Protease P6SD[®] enzyme provided small size of molecular weight peptides, which is range from <8-10 and 17-48 kDa. These peptides had high hydrophobic group and an aromatic amino acid. The peptides exhibited significantly ($p < 0.05$) the highest of Azinobis (2, 2'-azinobis (2-ethylbenothiazoline-6-sulfonic acid: ABTS⁺ scavenging (772.69 mg TEAC/g sample) followed by Ferric reducing antioxidant power: FRAP (111.16 mg TEAC/g sample) and 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl: DPPH[•] (46.71 mg TEAC/ g sample), respectively. Therefore, pigeon pea protein concentrated and protein hydrolysate could be a promising source of bioactive peptides and potential ingredient for the formulation of functional foods.

Keywords: Structural properties, Pigeon pea, Commercial enzyme, Antioxidant activities, Protein hydrolysate, Bioactive peptide

บทนำ

ถั่วมะแฮะ (Pigeon Pea) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Cajanus cajan* (L.) Millsp. จัดเป็นพรรณไม้พุ่มโดยทั่วไปถั่วมะแฮะใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารสัตว์ เนื่องจากเป็นพืชที่มีปริมาณโปรตีนสูงประมาณ 18 ถึง 25% (Aggarwal et al. 2015) ปัจจุบันเทรนด์ของอาหารสุขภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งอาหารที่มาจากพืชได้รับความนิยมเป็นอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชที่มีโปรตีนสูงอย่างเช่นพืชตระกูลถั่วมีการวิจัยและพัฒนาในรูปแบบโปรตีนผงหรือเปปไทด์ โดยเอนไซม์โปรตีเอสจะใช้อย่างแพร่หลายในกระบวนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทหรือเปปไทด์ เนื่องจากมีกลไกการตัดหรือย่อยจำเพาะต่อตำแหน่งสายต่อโปรตีน ซึ่งจะได้โปรตีนไฮโดรไลเสทหลายแบบเช่น โอลิโกเปปไทด์ เปปไทด์ และกรดอะมิโนอิสระ ที่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างและคุณสมบัติทางชีวภาพ ชนิดของเอนไซม์โปรตีเอสที่ใช้ในกระบวนการผลิตเปปไทด์จึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการผลิต อาทิเช่นคุณสมบัติทางกายภาพ (Theerakarunwong et al., 2021) สมบัติต้านอนุมูลอิสระ (Suwanangul et al., 2022) ACE inhibitory (Pebrianti et al., 2019) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางโครงสร้างของโปรตีนถั่วมะแฮะและโปรตีนไฮโดรไลเสทหรือเปปไทด์ที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์อีกทั้งทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เป้าหมายเพื่อให้ได้เปปไทด์จากพืชตระกูลถั่วที่มีศักยภาพด้านการออกฤทธิ์ทางชีวภาพอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับการวิจัยต่อยอดด้านผลิตภัณฑ์และอาหารฟังก์ชันต่อไป

วิธีการวิจัย

- 1. การเตรียมโปรตีนเข้มข้นถั่วมะแฮะและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี** ดัดแปลงจากวิธี Olagunju *et al.* (2018) นำถั่วมะแฮะที่ผ่านการบดด้วยเครื่อง Two-stage solid colloid mill แล้วปริมาณ 1 ส่วนผสมกับน้ำ 10 ส่วน กวนผสมนาน 15-30 นาที นำมาปรับ pH 9 โดยใช้ 1N NaOH กวนผสมนาน 4 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง นำส่วนใสมาตกตะกอนโปรตีนที่ pH 4.5 ด้วย 1N HCl จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 7,570 รอบต่อนาที นำตะกอนที่ได้มาปรับสภาพเป็นกลางเท่ากับ pH 7.0 โดยใช้ 1 N NaOH กวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry) จะได้ผงสกัดโปรตีนถั่วมะแฮะเข้มข้น (Pigeon pea protein isolated: PPPI)
- 2. การไฮโดรไลซ์โปรตีนถั่วมะแฮะเข้มข้นด้วยเอนไซม์โปรตีเอสเชิงการค้า 3 ชนิด** โปรตีนถั่วมะแฮะไฮโดรไลเสทดัดแปลงจากวิธีการ Budseekoad *et al.* (2018) นำโปรตีนถั่วมะแฮะความเข้มข้น 5% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรย่อยในถังระบบปิด (WP Winpact Fermenter FS-05, USA) กวนด้วยความเร็วรอบคงที่ 300 รอบต่อนาที จากนั้นเติมเอนไซม์ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักหรือปริมาตรของเอนไซม์ ปรับ pH และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์แต่ละชนิด เอนไซม์ประกอบด้วย Flavourzyme® 500 U/g (50 °C, pH 8.0, PPPH-F), Protease P6SD® (40°C, pH 7.0, PPPH-P6SD) และ Alcalase® (50 °C, pH 8.0, PPPH-A) ย่อยเป็นเวลา 240 นาที จากนั้นหยุดกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที กรองสารละลาย เก็บส่วนใส นำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) นำผงโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพเคมี ได้แก่ ร้อยละผลผลิต วิเคราะห์โปรตีนแบบอัตโนมัติด้วยเทคนิคการเผาไหม้ (ยี่ห้อ LECO รุ่น FP-528, USA), วิเคราะห์ค่า aw และวัดค่าสีระบบ CIE Lab scale (L*, a* และ b*) และวิเคราะห์ระดับการย่อยด้วยวิธีของ Nelisen *et al.* (2001)
- 3. วิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดของโปรตีนถั่วมะแฮะไฮโดรไลเสท** วิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของ PPPI และ PPPH ด้วยเครื่อง high-performance liquid chromatography (HPLC) amino acid analyzer

(Shimadzu, model LC-20A) นำตัวอย่างปริมาณ 0.5 กรัม มาย่อยกับ 10 มิลลิลิตร ของ 0.1N HCl ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22-24 ชั่วโมงจากนั้นกรอง ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน โดยใช้คอลัมน์ post column derivatize (Shim-pack ISC-07/S 1504 Na) และสารละลายผสมเคลื่อนที่ประกอบด้วย eluent A (0.2 sodium citrate (ประกอบด้วย 7% EtOH), pH 3.2; eluent B ประกอบด้วยสารละลาย sodium citrate ใน 0.2M boric acid, pH 10 ความเข้มข้น 0.6M และ eluent C คือ 0.2M sodium hydroxide ด้วยอัตราเท่ากับ 0.3 mL/min วิเคราะห์สารประกอบด้วย fluorescence detector มี excitation ที่ความยาวคลื่น 348 nm และ emission ที่ความยาวคลื่น 450 nm วิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนเทียบกับสารละลายกรดอะมิโนมาตรฐาน

4. วิเคราะห์น้ำหนักเปปไทด์ (Molecular weight peptides distribution) ของโปรตีนถั่วมะแฮไฮโดรไลส นำ PPPH วิเคราะห์รูปแบบโปรตีนด้วยวิธี Tricine-SDS PAGE ดัดแปลงจากวิธีของ Schagger and von Jagow (1987) โดยการเทียบกับสายพอลิเปปไทด์มาตรฐานที่มีน้ำหนักโมเลกุลช่วงตั้งแต่ 10-250 กิโลดาลตัน เตรียมตัวอย่างจำนวน 20 ไมโครลิตร ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิตรผสมกับบัฟเฟอร์ตัวอย่าง 4X จำนวน 4 ไมโครลิตร (0.5 โมลาร์ Tris-HCl พีเอช 6.8) และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้ stacking gel ด้วยพอลิอะคริลาไมด์เข้มข้นร้อยละ 4 และร้อยละ 15 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ปริมาตร 20 ไมโครลิตรหยอดลงในเจลพอลิอะคริลาไมด์และประกอบเข้ากับชุดอุปกรณ์ Mini-Protein II cell apparatus (Atto Co., Tokyo, Japan) รันตัวอย่างด้วยค่าความต่างศักย์เป็น 50 โวลต์เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง หลังจากแยกตัวอย่างนำแผ่นเจลมาแช่ในเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และ กรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร เป็นเวลา 30 นาที และแช่ในสารย้อมสี Coomassie Brilliant Blue R-250 เข้มข้นร้อยละ 0.125 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรไว้ข้ามคืน จากนั้นเสิร์ฟล่างสีย้อมออกจากแผ่นเจลด้วยกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรจนปรากฏแถบโปรตีนและพื้นหลังโปร่งใส

5. การวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนถั่วมะแฮไฮโดรไลส การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ PPPH ดัดแปลงจากวิธี Thaipong *et al.* (2006) โดยวิธี DPPH assay นำตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร เติมสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH) 190 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร วิธีการ Ferric reducing antioxidant power activity (FRAP) (Thaipong *et al.*, 2006) นำตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร เติมสารละลาย FRAP 190 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดนาน 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร และวิธีทดสอบ ABTS assay ดัดแปลงจากวิธี Thaipong *et al.* (2006) นำตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร เติมสารละลาย ABTS 190 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดนาน 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยค่าที่ได้เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของ Trolox และรายงานผลเป็นปริมาณ Trolox equivalent (mg TEAC/g sample)

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ ข้อมูลค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, Anova) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 16.0

ระเบียบการวิจัย

ร้อยละการผลิตและสมบัติทางกายภาพเคมีของโปรตีนถั่วมะแฮไฮโดรไลส

ผลการวิเคราะห์ร้อยละการผลิตของโปรตีนเทียบกับวัตถุดิบเริ่มต้นของโปรตีนถั่วมะแฮเข้มข้น (PPPI) พบว่า PPPI มีร้อยละการผลิตเท่ากับ 15.62 (ตารางที่ 1) ขณะที่ร้อยละการผลิตของโปรตีนไฮโดรไลสที่ได้จากเอนไซม์โปรตีเอสทั้ง 3 ชนิดอยู่ในช่วงระหว่าง 19.47-40.07% ปริมาณโปรตีนที่ได้จากการสกัดของ PPPI เท่ากับ 80.78% ซึ่งปริมาณโปรตีนมากกว่าร้อยละ

ละ 80 จัดว่าเป็นโปรตีนไฮโดรไลสที่ ซึ่งเหมาะสมแก่การนำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนจากพืชตั้งต้นในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลส เมื่อ นำโปรตีนไฮโดรไลสที่น้อยได้มาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนพบว่าปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงระหว่าง 69.96-76.16% ซึ่งมี ปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับโปรตีนไฮโดรไลส อาจเกิดจากการรวมกันของเปปไทด์กับสารละลาย NaOH หรือ HCl และ NaCl ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการย่อยด้วยเอนไซม์ซึ่งจะส่งผลให้การละลายลดลง หรืออาจเกิดจากการปรากฏตัวของ ส่วนประกอบที่ไม่ใช่โปรตีน เช่น โพลีฟีนอล กลุ่มคาร์โบไฮเดรต ซึ่งอาจจะมีผลต่อการขัดขวางการทำปฏิกิริยาหรือรบกวนการ เผาไหม้ด้วยวิธี combustion (Adebiyi and Aluko 2011; Suwanagul *et al.*, 2022)) ระดับการย่อยคือสัดส่วนของเปปไทด์ ที่ถูกย่อยต่อปริมาณโปรตีนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลส โปรตีนจากพืชตระกูลถั่วจะมีโปรตีนกลูบูลินและอัลบูมินเป็นกลุ่ม โปรตีนหลัก (Muangman *et al.*, 2011) ซึ่งโปรตีนทั้งสองกลุ่มสามารถละลายได้ดี จากผลจากการย่อยของโปรตีนไฮโดรไลสทางค่าทั้ง 3 ชนิด (ตารางที่ 1) พบว่าระดับการย่อยที่ได้จากเอนไซม์ Flavourzyme[®] มีร้อยละการตัดเปปไทด์สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) เนื่องจากเอนไซม์ Flavourzyme[®] มีความจำเพาะในการตัดแบบสุ่มตัดภายในและปลายสายของโปรตีนจึงมีเปปไทด์สาย สั้นๆมากขึ้นและมีระดับการย่อยสูงขึ้นตามลำดับ (Rao *et al.*, 1998; Theerakarunwong *et al.*, 2021)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนถั่วมะแฮะเข้มข้น

องค์ประกอบทางกายเคมี	PPPI	PPPH-F	PPPH-P6SD	PPPH-A
%Yield	15.62	39.47	40.07	19.47
%โปรตีน	80.78±0.68 ^a	76.16±0.13 ^b	69.96±0.21 ^d	74.69±0.09 ^c
% ความชื้น ^{ns}	1.06±0.10	1.02±0.01	1.03±0.02	1.06±0.03
Aw	0.30±0.00 ^b	0.35±0.03 ^b	0.31±0.01 ^b	0.45±0.01 ^a
Color				
L	83.15±0.33 ^b	79.17±0.81 ^c	79.70±0.52 ^c	88.48±0.58 ^a
a*	1.30±0.33 ^c	2.06±0.09 ^a	1.80±0.09 ^b	0.21±0.04 ^d
b*	22.26±0.18 ^b	23.28±0.66 ^a	22.50±0.45 ^b	15.82±0.36 ^c
%DH	-	79.82±3.26 ^a	40.89±0.89 ^b	42.15±4.21 ^b

หมายเหตุ ns คือ non-significant ตัวอักษร ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p < 0.05 และ a, b, c...ตัวอักษรต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ p < 0.05

ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของโปรตีนถั่วมะแฮะไฮโดรไลส

ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดของโปรตีนถั่วมะแฮะไฮโดรไลสจากเอนไซม์โปรตีเอส 3 ชนิด พบว่าโปรตีนไฮโดรไลสที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ Flavourzyme[®] และเอนไซม์ Protease P6SD[®] มีปริมาณกรดอะมิโน จำเป็นทั้งหมดสูงขึ้นเมื่อเทียบกับ PPPI จากตารางที่ 2 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ลิวซีน ไอโซลิวซีน วาลีน ฟินิลอะลานีน ซึ่งทำให้ ส่งผลต่อปริมาณกลุ่มกรดอะมิโนไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic amino acid; HAA) เพิ่มขึ้นเท่ากับ 297.17-297.93 มิลลิกรัมต่อ กรัมตัวอย่าง นอกจากนี้ปริมาณกรดอะมิโนสายโซ่กิ่ง (Branch chain amino acid) มีปริมาณสูงเท่ากับ 126.65 มิลลิกรัมต่อ กรัมตัวอย่างของ PPPH-P6SD ซึ่งประกอบด้วย วาลีน ลิวซีน และไอโซลิวซีน รองลงมาคือโปรตีนไฮโดรไลส PPPH-F เท่ากับ 119.39 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง ปริมาณกรดอะมิโนอิสระที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องจากการย่อยสลายและการตัดพันธะโควาเลนต์ ของสายโปรตีนด้วยเอนไซม์ Protease P6SD[®] ที่มาจากแหล่งจุลินทรีย์ *Aspergillus melleus* และเอนไซม์ Flavourzyme[®] มาจาก *Aspergillus oryzae* ซึ่งถูกจัดเป็นเอนไซม์โปรตีเอสชนิดผสมระหว่าง endo-exo-peptidases ส่งผลให้สามารถย่อย สลายพันธะเปปไทด์ทั้งภายในสายและปลายสายของโปรตีน ทำให้มีระดับการย่อยสลายเปปไทด์สายสั้นๆและปริมาณกรดอะมิ โนอิสระที่ถูกสุ่มตัดจากสายโปรตีนได้มากกว่าเอนไซม์ Alcalase[®] (endopeptidase) ที่มีกลไกการตัดเฉพาะเจาะจงภายในสาย โปรตีนเท่านั้น ดังนั้นปริมาณกรดอะมิโนอิสระที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ Alcalase จึงมีปริมาณน้อยกว่าการตัดด้วยเอนไซม์

ชนิดอื่นๆ (Rao *et al.*, 1998; Theerakarunwong *et al.*, 2021) โดยกรดอะมิโนเหล่านี้จะส่งผลต่อการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ (Fasuan *et al.*, 2018; Suwanagul *et al.*, 2022)

ตารางที่ 2 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของโปรตีนถั่วมะแฮะเข้มข้นและโปรตีนถั่วมะแฮะไฮโดรไลทจากโปรตีนสกัดทางการค้า 3 ชนิด

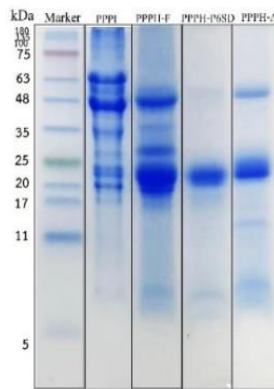
กรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด mg/g sample			
	PPPI	PPPH-F	PPPH-P6SD	PPPH-A
Threonine	28.77	28.98	28.35	27.46
Methionine	10.67	10.07	9.73	9.00
Phenylalanine	56.42	57.20	55.29	43.90
Histidine	29.25	27.81	26.99	28.95
Lysine	53.56	50.46	48.34	48.90
Valine	24.79	30.32	34.36	28.80
Isoleucine	21.78	27.17	30.64	21.72
Leucine	60.51	61.90	61.65	46.42
Tryptophan	4.33	4.25	4.32	4.22
Cystine	7.68	6.77	6.60	6.86
Serine	47.34	44.78	42.46	37.57
Glycine	30.90	28.15	27.54	28.48
Glutamic acid	159.42	151.32	142.38	159.12
Proline	40.01	37.18	34.41	31.56
Alanine	36.09	33.64	33.38	31.90
Tyrosine	30.47	28.67	27.55	34.67
Arginine	50.12	49.09	47.87	44.79
Aspartic acid	87.34	84.52	80.71	70.19
EAA	297.77	304.93	306.26	266.23
NEAA	481.70	457.36	436.31	438.27
HAA	292.75	297.17	297.93	259.04
PCAA-	82.81	78.27	75.33	77.85
NCAA-	246.76	235.85	223.09	229.31
AAA	91.23	90.12	87.16	82.79
SCAA	18.35	16.84	16.33	15.85
BCAA	107.08	119.39	126.65	96.94

หมายเหตุ EAA essential amino acid, NEAA non-essential amino acid, HAA, hydrophobic amino acids- alanine, valine, isoleucine, leucine, tyrosine, phenylalanine, tryptophan, proline, methionine and cysteine, PCAA- positively charged amino acids- histidine, lysine, NCAA- negatively charged amino acids- ASX (asparagine +aspartic acid) and GLX (glutamine+glutamic acid), AAA- aromatic amino acids- phenylalanine, tryptophan and tyrosine, SCAA- sulphur contains amino acids- cysteine and methionine, BCAA- Branch chain amino acids leucine, isoleucine and valine.

รูปแบบของการเรียงขนาดของเปปไทด์ของโปรตีนถั่วมะแฮะไฮโดรไลส

รูปที่ 1 ผลการวิเคราะห์การจัดเรียงของขนาดโมเลกุลของเปปไทด์หลังจากการย่อยด้วยโปรตีนสกัดทางการค้าทั้ง 3 ชนิด พบว่าโปรตีนถั่วมะแฮะเข้มข้น (PPPI) มีขนาดโมเลกุลกระจายหลายขนาดได้แก่ 17, 20, 25, 27, 35, 48 และ 63 kDa โดยน้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนสอดคล้องกับโปรตีนชนิด vicilin, legumin และกลุ่ม 7S globulin ของโปรตีนถั่วมะแฮะ

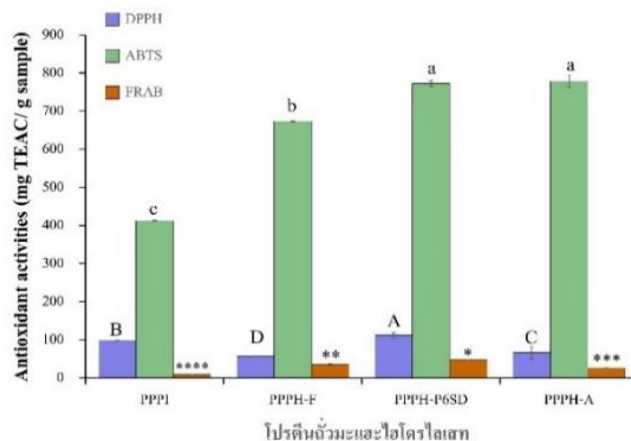
(Pebrianti et al., 2019) ขณะที่น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ Flavourzyme มีขนาดเล็กกว่าโปรตีนถั่วมะและเข้มข้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเข้มข้นของแถบโปรตีนขนาดน้ำหนักโมเลกุลที่ 48 kDa และช่วงขนาดน้ำหนักโมเลกุลช่วง 20-25 kDa มีสีเข้มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับแถบโปรตีนของ PPPI และนอกจากนั้นก็มีแถบโปรตีนของ PPPH-F ประมาณ 8-10 kDa ปรากฏขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลการตัดสายโปรตีนของเอนไซม์ที่พันธะเปปไทด์ภายในสายและตัดที่สายปลายของโปรตีนทำให้ระดับการย่อยสูงขึ้น จึงส่งผลให้โมเลกุลที่ได้มีขนาดเล็กลง เมื่อพิจารณาแถบโปรตีนของ PPPH-P6SD มีขนาดโมเลกุลประมาณ 20-23 kDa มีแถบโปรตีนสีเข้ม แต่เปปไทด์ขนาดใหญ่มีสีจางลงหรือไม่ปรากฏแถบโปรตีน แต่จะมีการกระจายตัวของเปปไทด์ขนาดเล็กๆ แทนคือแถบโปรตีนขนาดประมาณ 8-10 kDa เนื่องจากกลไกของเอนไซม์ Protease P6SD® เป็นเอนไซม์ผสมชนิด endo-exo peptidases ที่มีการตัดแบบสุ่มและทั้งตัดจากภายในและปลายสายโปรตีน ขณะที่แถบโปรตีนที่ PPPH-A พบว่าปรากฏแถบโปรตีนขนาดโมเลกุลเท่ากับ 48, 20-25, 11 และ < 8 kDa โดยขนาดของโมเลกุลของโปรตีนไฮโดรไลเซสที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ทางการค้าทั้ง 3 ชนิด จะมีอิทธิพลต่อมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในรูปแบบแตกต่างกัน (พัศตราภรณ์ และคณะ 2559)



รูปที่ 1 น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนถั่วมะและเข้มข้น (PPPI) โปรตีนถั่วมะและไฮโดรไลเซสจากการย่อยด้วยเอนไซม์ Flavourzyme (PPPH-F), Protease P6SD (PPPH-P6SD) และ Alcalase (PPPH-A) และ Marker คือขนาดโมเลกุลมาตรฐานของโปรตีนช่วงน้ำหนักโมเลกุลอยู่ช่วง 5-180 kDa

คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนถั่วมะและไฮโดรไลเซส

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนถั่วมะและโปรตีนถั่วมะไฮโดรไลเซส พบว่าโปรตีนถั่วมะและไฮโดรไลเซสที่ย่อยด้วยเอนไซม์โปรตีเอสทางการค้า ได้แก่ Protease P6SD®, Flavourzyme® และ Alcalase® มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} ได้สูงกว่าโปรตีนถั่วมะและเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ซึ่งทำให้ผลสอดคล้องกับชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่พบในโปรตีนไฮโดรไลเซสจากตารางที่ 2 ซึ่งพบว่า PPPH-F และ PPPH-P6SD มีปริมาณองค์ประกอบของกรดอะมิโนไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic amino acid, HAA) ปริมาณที่สูงกว่าโปรตีนถั่วมะและ ทั้งนี้เนื่องจากเอนไซม์โปรตีนทั้ง 2 ชนิดมีความสามารถในการตัดพันธะเปปไทด์และสายโปรตีนแบบสุ่มซึ่งทำให้กรดอะมิโน อะลานีน วาลีน ไอโซลูซีน ลิวซีน ไทโรซีน ฟีนีลอะลานีน ทริพโตเฟน โพรลีน เมทไทโอนีน และซีสเทอีน ที่มีอยู่ในสายโปรตีนหรือปลายสายโปรตีนถูกตัดและปลดปล่อยออกมาได้สูงขึ้น โดยกลุ่มกรดอะมิโน HAA มีผลต่อการจับกันระหว่างสายเปปไทด์และอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะไทโรซีน ซึ่งมีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระได้ดี (Kunst, 2003)



หมายเหตุ: a,b,c...A,B,C... และ *, **, ***,...ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

รูปที่ 2 สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนถั่วมะแฮะไฮโดรไลสที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์โปรตีเอสทางการค้า 3 ชนิด

ผลจากการวิเคราะห์โดยวิธีทดสอบกับอนุมูลอิสระ DPPH• ดังแสดงในรูปที่ 2 พบว่า PPPH-P6SD มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH• สูงที่สุด ($p < 0.05$) ถึง 111.16 mg TEAC/g sample แต่อย่างไรก็ตามหลังจากการไฮโดรไลซ์ด้วย Flavourzyme® และ Alcalase® มีประสิทธิภาพในการดักจับอนุมูลอิสระ DPPH น้อยกว่าโปรตีนถั่วแฮะเข้มข้น และ PPPH-P6SD® ทั้งนี้เนื่องจากผลรวมของปริมาณกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์ ได้แก่ ซีสเทอีน และ เมไทโอนีน มีปริมาณค่อนข้างต่ำในโปรตีนไฮโดรไลส อีกทั้งปริมาณของ aromatic amino acid (AAA) ประกอบด้วย ฟีนอลอะลานีน ทริฟโตเฟน ไทโรซีน ของโปรตีนไฮโดรไลสที่ได้ต่ำกว่าโปรตีนถั่วแฮะเข้มข้น มากกว่านั้นกลุ่มอะมิโนที่มีซัลฟิว (ซีรีน ไทโรซีน แอสพาราจिन และกลูตามีน) ซึ่งจะมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายเดียวกับสารอนุมูลอิสระ DPPH• ก็มีปริมาณต่ำเช่นกัน จึงอาจทำให้ประสิทธิภาพในการให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระไม่แข็งแรงเมื่อเทียบกับโปรตีนถั่วแฮะเข้มข้น (ตารางที่ 2) ผลการวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ FRAP พบว่าสมบัติการยับยั้งต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนถั่วแฮะไฮโดรไลสสูงชันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เนื่องจากกรดอะมิโนกลุ่ม HAA ของโปรตีนไฮโดรไลสที่มีปริมาณสูง (ตารางที่ 2) อีกทั้งประกอบด้วยเปปไทด์สายสั้นๆ ซึ่งจะขนาดโมเลกุลที่เล็กกว่าโปรตีนเข้มข้นจึงทำให้ง่ายต่อการทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระได้ (รูปที่ 1) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องเช่น ตำแหน่งของกรดอะมิโนของสายเปปไทด์ จำนวนเปปไทด์ ขนาดโมเลกุล รูปร่าง ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาโปรตีนถั่วแฮะที่สกัดได้มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 80% โดยมีขนาดโมเลกุลขนาดใหญ่ตั้งแต่ 17-63 kDa ซึ่งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระชนิด DPPH• เท่ากับ 98.35 mg TEAC/g sample จากกระบวนการไฮโดรไลซ์โปรตีนถั่วแฮะด้วยโปรตีเอสเชิงการค้า 3 ชนิด แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของโปรตีนถั่วแฮะไฮโดรไลสที่มีขนาดโมเลกุลเล็กอยู่ในช่วง <8-10 kDa, 20-48 kDa ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 297.77 เป็น 306.26 mg/g sample รวมไปถึงปริมาณกรดอะมิโนกลุ่มไฮโดโฟบิกเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย ซึ่งโปรตีนถั่วแฮะไฮโดรไลสที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ Protease P6SD® มีศักยภาพสูงสุดต่อการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีทดสอบ ABTS, DPPH และ FRAP เท่ากับ 772.69, 111.16 และ 46.71 mg TEAC/ g sample ตามลำดับ ดังนั้นโปรตีนถั่วแฮะเข้มข้นและโปรตีนไฮโดรไลสสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มฟังก์ชันได้ต่อไปในอนาคต

คำขอบคุณ

ทีมวิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ และทุนสนับสนุนจากโครงการ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) รหัสโครงการใหญ่ 4368008 รหัสข้อเสนอการวิจัย: 2566S50112034 : โครงการ การวิจัยนวัตกรรมโปรตีนจากพืชฐานชีวภาพของไทยเพื่อเสริมสุขภาพและพัฒนาสู่เชิงพาณิชย์สำหรับความมั่นคงทางด้านอาหารแห่งอนาคต ภายใต้โครงการย่อย เรื่อง การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเปปไทด์และอนุพันธ์ของโปรตีนจากพืชฐานชีวภาพของไทย รหัสโครงการ 6618102042 ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

อ้างอิง

พัสดราภรณ์ ทองอิมพงษ์, ณีฐฐา เสาทกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น. (2559). สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนจากกากทานตะวันทีไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์โบรมิเลนและ Flavourzyme ®. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. ปีที่ 39, ฉบับที่ 4 ตุลาคม-ธันวาคม 2559.* 565-583.

Adebiyi, A.P. & R.E. Aluko. (2011). Functional properties of protein fractions obtained from commercial yellow field pea (*Pisum sativum* L.) seed protein isolate. *Food Chemistry*, 128(4), 902-908. <https://doi.org/10.1021/jf0340052>.

Aggarwal, A., Nautiyal, U. & Negi, D. (2015) Characterization and evaluation of antioxidant activity of *Cajanus cajan* and *Pisum sativum*. *International Journal of Recent Advances in Science and Technology* 2(1), 21–26. DOI: 10.30750/ijrast.214.

Budseekoad, S., Yupanqui, C.T., Sirinupong, N., Alashi, A.M., Aluko, R.E. & Youravong, W. (2018). Structural and functional characterization of calcium and iron-binding peptides from mung bean protein hydrolysates. *Journal of Functional Foods*, 49, 333-341. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.07.041>.

Fasuan, T.O., Gbadamosi, S.O. & Omobuwajo, T.O. (2018). Characterization of protein isolate from *Sesamum indicum* seed: In vitro protein digestibility, amino acid profile, and some functional properties. *Food Science and Nutrition*, 6(6), 1715-1723. doi.org/10.1002/fsn3.743.

Kunst, T. (2003). *Protein Modification in Optimize Functionality: Protein Hydrolysates*, pp. 222-236, in J. Whitaker, A. Voragen and D. Wong (Eds.) *Handbook of food enzymology*, Marcel Dekker, New York.

Muangman, T., Leelamanit, W., & Klungsupaya, P. (2011). Crude protein from pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) possess potent SOD-like activity and genoprotective effect against H₂O₂ in TK6 cells. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(32), 6977-6986. DOI: 10.5897/JMPR11.996.

Nielsen, P. M., Petersen, D., & Dambmann, C. (2001). Improved Method for Determining Food Protein Degree of Hydrolysis. *Journal of Food Science*, 66, 642-646. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb04614.x>.

- Olagunju, A., Omoba, O.S., Enujiugha, V.N., Alashi, A.M. & Aluko, R.E. (2018). Pigeon pea enzymatic protein hydrolysates and ultrafiltration peptide fractions as potential sources of antioxidant peptides: An *in vitro* study. *LWT-Food Science and Technology*, 97, 269-278. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.003>.
- Pebrianti, S. A., Cahyanto, M.N. & Indrati, R. (2019). Angiotensin I-converting Enzyme (ACE) Inhibitory Activity of ACE Inhibitory Peptides Produced during the Fermentation of Pigeon Pea (*Cajanus cajan*) Tempe. *Journal of Indonesia Food and Nutrition Progress*, 16(2), 47-52. <https://doi.org/10.22146/ifnp.46921>.
- Rao, M.B., Tanksale, A.M., Ghatge, M.S., & Deshpande, V.V. (1998). Molecular and biotechnological aspects of microbial proteases. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 62, 597-635. DOI:10.1128/MMBR.62.3.597-635.1998.
- Schägger, H., & Jagow, G. (1987). Tricine-sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis for the separation of proteins in the range from 1 to 100 kDa. *Analytical Biochemistry*, 166(2), 368-379. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(87\)90587-2](https://doi.org/10.1016/0003-2697(87)90587-2).
- Suwanangul, S., Senphan, T. & Ruttarattanamongkol, K. 2022. Antioxidant and Biochemical properties of protein hydrolysates prepared from sachal inchi meal. *Journal of Agricultural Research and Extension*, 39(2), 55-67.
- Theerakarunwong, P., P. Sanporkha, C. Hattakosol & N. Laohakulchit. (2021). Effect of flavozyme concentration and degradation time on chemical properties-physics of protein hydrolyzate from sachal inchi meal. *Prawarun Agricultural Journal*, 18(2), 69-79.
- Thaipong K., Boonprakob U., Crosbyb K., Cisneros-Zevallos L & Byrne D.H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 669-675. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>.

โครงการนำร่อง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตแรงดันไฟฟ้าของแบคทีเรีย

Lactobacillus sp.reuteri ด้วยเซลล์เชื้อเพลิงแบคทีเรีย

พีรวิชญ์ บุญสมเชื้อ^{1*}

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีสิ่งมีชีวิตในรูปแบบของโพรไบโอติกส์แบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ที่มีความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ถูกค้นพบได้ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ อาทิ *Lactobacillus sp.reuteri* , *Listeria monocytogenes* หรือ *Streptococcus thermophilus* ซึ่งการศึกษานำร่องในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตแรงดันไฟฟ้าระหว่างแบคทีเรียแกรมบวก *Lactobacillus sp.reuteri* จากกระบวนการหมักกรดแลคติก และ ประสิทธิภาพผลิตแรงดันไฟฟ้ายีสต์แบบผงละเอียดจากกระบวนการหมักเอทานอล โดยอาศัยกระบวนการอิเล็กโทรแอคทีฟไมโครออร์กานิซึม (Electroactive microorganism) ในเซลล์เชื้อเพลิงแบคทีเรีย (Microbial Fuel Cell) ซึ่งมีเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอนในการ (Proton exchange membrane fuel cells, PEMFC) เป็นสะพานเกลือ โดยบรรจุสารละลายสารโพแทสเซียมเพอร์โรไซยาไนด์ซึ่งเป็นตัวแปรควบคุมที่ถูกบรรจุภายในขั้วแคโทดของการต่อวงจรแบบอนุกรม จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการผลิตแรงดันไฟฟ้า *Lactobacillus sp.reuteri* อยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 V แต่ประสิทธิภาพการผลิตแรงดันไฟฟ้าของยีสต์อยู่ในช่วงระหว่าง 1.2 ถึง 1.5 V จึงสรุปผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการผลิตแรงดันไฟฟ้า *Lactobacillus sp.reuteri* น้อยกว่าประสิทธิภาพการผลิตแรงดันไฟฟ้าของยีสต์แบบผงละเอียด

คำสำคัญ: (ยีสต์แบบผงละเอียด) (Microbial Fuel Cell) (*Lactobacillus sp.reuteri*) (อิเล็กโทรแอคทีฟไมโครออร์กานิซึม)

¹ โรงเรียนตรุณสิกขาลัย (โครงการ วมว.) จังหวัดกรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10140

¹ Darunsikkhalai School (Science in School), Province Bangkok, Post code 10140

* Corresponding Author: E-mail: perawit.boon@kmutt.ac.th

A Pilot Study to Compare the Efficiency of Producing Electricity using *Lactobacillus sp.reuteri* for Microbial Fuel Cells

Perawit Boonsomchua^{1*}

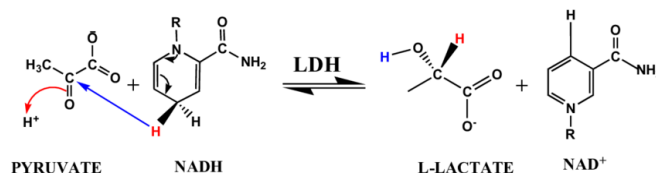
Abstract

According to the present study, general probiotic bacteria that can produce electricity have been discovered in the gastrointestinal tract, such as *Lactobacillus sp.reuteri*, *Listeria monocytogenes* or *Streptococcus thermophilus*. This pilot study aimed to compare the efficiency of electrical generation between *Lactobacillus sp.reuteri* (gram-positive bacteria) and Yeast powder, which can be influenced by lactic acid fermentation and ethanol fermentation, respectively. This study used an electroactive microorganism process in microbial fuel cells through proton exchange membrane fuel cells (PEMFC). In this study, potassium ferricyanide was used as the control factor, which was contained in the cathode chamber of a series electrical circuit. As a result, *Lactobacillus sp.reuteri* could produce electrical generation in a range from 0 to 1 volts, while Yeast could produce electrical generation in a range from 1.2 to 1.5 volts. In conclusion, Yeast appears to be more capable of producing electricity than *Lactobacillus sp.reuteri*.

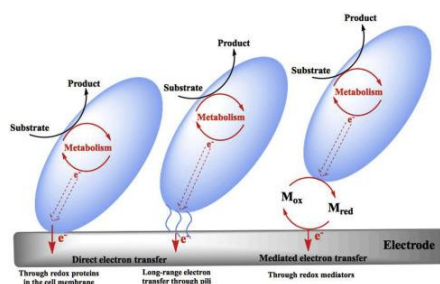
Keywords: Yeast powder, Microbial fuel cell, *Lactobacillus sp.reuteri*, Electroactive microorganism

บทนำ

ในปัจจุบันมีสิ่งมีชีวิตในรูปแบคทีเรียมากมายที่มีกลไกความสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ในปริมาณแตกต่างกันเช่น *L.monocytogenes* , *Listeria monocytogenes* หรือ *Shewanella oneidensis* bacteria จากคำรายงานเรตี (Laty - Cahoon & Freitag, 2018) กล่าวว่า “*Lactobacilli* strains เป็นจุลินทรีย์ในลำไส้ที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับร่างกายมนุษย์โดยอาศัยการหมัก”^[5] นั่นคือ *Lactobacillus sp.reuteri* เป็นโพรไบโอติกส์แบคทีเรียที่เริ่มทั่วไปที่ถูกค้นพบได้ง่ายในบริเวณต่าง ๆ ของร่างกายมนุษย์โดยเฉพาะบริเวณลำไส้เล็กในระบบทางเดินอาหารซึ่งมีความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับร่างกายมนุษย์ (Electrogenic bacteria) ได้ด้วย 2 กระบวนการหลักที่เกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ (Spontaneous) ได้แก่ 1) การหมักกรดแลคติก (Lactic fermentation) ในสถานะเสียสมดุลไพรูเวต (Pyruvate) เป็นหลักซึ่งเป็นการหมักด้วยการเปลี่ยนโมเลกุลกลูโคสจากหนึ่งโมเลกุลเป็นสองโมเลกุลกลูโคส (Homolactic fermentation) ด้วยเอนไซม์แลคเตทดีไฮโดรจีเนส (Lactate dehydrogenase, LDH) และยังคงเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ซึ่งประกอบด้วยตัวรีดิวซ์คือ กรดแลคติก (Lactic acid) และตัวออกซิไดซ์ คือ Pyruvate ดังภาพ 1) , 2) กระบวนการถ่ายเทอิเล็กตรอน (Electron transport -chain) มีความสามารถในการถ่ายเทประจุโปรตอน (H^+) ปริมาณมากอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของ ยูบิควิโนน (Ubiquinone) และ ยูบิควินอล (Ubiquinol) ผ่าน Complex I – IV บนเยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอกของไมโทคอนเดรีย ดังนั้นจึงเกิดความต่างศักย์ของประจุไฟฟ้าอันเนื่องมาจากแรงขับเคลื่อนของอนุภาคอิเล็กตรอนที่ได้รับอิทธิพลจากความแตกต่างความเข้มข้นของโปรตอนจากคำรายงานนาตาเลียและโบเนตโต้ (Natalia Sacco & Bonetto, 2017)^[8] กล่าวว่า “Electrogenic bacteria สามารถถ่ายเทประจุอิเล็กตรอนสู่นอกเยื่อหุ้มเซลล์โดยผ่าน Extracellular electron acceptors และ มีศักยภาพในการใช้ทางเทคนิคได้ เช่น Bioelectrochemical systems” ดังนั้นแบคทีเรีย *Lactobacillus sp.reuteri* มีความสามารถในการถ่ายเทประจุโปรตอนสู่ภายนอกเซลล์จึงมีความเป็นไปได้ที่สามารถใช้ Bioelectrochemical systems ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังภาพ 2)



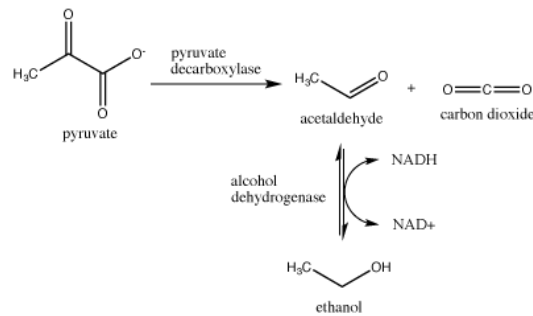
ภาพ 1) แสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ของการหมักกรดแลคติก



ภาพ 2) แสดงกระบวนการถ่ายเทอิเล็กตรอนสู่นอกเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวก

เซลล์ยีสต์ (Yeast cell) เป็นสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจที่มีความสามารถในการหมักน้ำตาลโดยไม่อาศัยออกซิเจน (Anaerobic organism) ซึ่งจากโมเลกุลน้ำตาลกลูโคสส่วนใหญ่เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหมักเอทานอล (Ethanol fermentation) ที่ถูกตรวจสอบการเกิดปฏิกิริยาการหมักด้วยเมทิลีนบลู (Methylene blue) จากภาพ 3) สามารถสังเกตได้ว่าเป็นสมการรีดอกซ์โดยมี NADH เป็นตัวออกซิไดซ์ (Oxidizing agent) และ CO_2 เป็นตัวรีดิวซ์ (Reducing agent) ดังนั้นจึงทำให้เกิดความต่างศักย์ประจุไฟฟ้าอันเนื่องมาจากแรงขับเคลื่อนของอนุภาคอิเล็กตรอนที่ได้รับอิทธิพลจากความแตกต่างความ

เข้มข้นของโปรตอนภายในเซลล์ยีสต์ ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไปสามารถได้ผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกสู่ภายนอกเซลล์ที่เป็นสารเมแทบอไลต์ปฐมภูมิ (Primary metabolite) ซึ่งประกอบด้วย เอทานอล (C₂H₅OH) และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) อย่างละ 2 โมเลกุล ต่อ 1 โมเลกุลกลูโคส (ต่อ 2 โมเลกุลโพรูเวต)



ภาพ 3) แสดงทางเดินของการหมักเอทานอล

ดังนั้นการศึกษานำร่องในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตแรงดันไฟฟ้าระหว่างแบคทีเรียแกรมบวก *Lactobacillus sp.reuteri* จากกระบวนการหมักกรดแลคติก และ ประสิทธิภาพผลิตแรงดันไฟฟ้ายีสต์แบบมวงละเอียดจากกระบวนการหมักกลูโคส โดยอาศัยกระบวนการในระบบชีว-เคมีไฟฟ้า (Electrochemical system) คือเซลล์เชื้อเพลิงแบคทีเรีย (Microbial Fuel Cell) ที่มีระบบการแลกเปลี่ยนไอออนแบบเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton exchange membrane fuel cells, PEMFC) จากการดำเนินการศึกษาด้วยหลักการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ในครั้งนี้คาดว่า ถ้าแบคทีเรีย *Lactobacillus sp.reuteri* และ *Yeast* มีความสามารถในการสร้างความดันไฟฟ้าแล้วประสิทธิภาพการผลิตแรงดันไฟฟ้าจากแบคทีเรีย *Lactobacillus sp.reuteri* น้อยกว่าประสิทธิภาพการผลิตแรงดันไฟฟ้าจาก *Yeast* ซึ่งประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับคือเป็นการนำร่องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยมีแบคทีเรียตั้งต้น *Lactobacillus sp.reuteri* ที่ถูกเปรียบเทียบกับ *Yeast* ซึ่งมีขอบเขตการวิจัยคือศึกษาความเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตแรงดันไฟฟ้าระหว่างสิ่งมีชีวิตสองชนิดเพียงเท่านั้น

วิธีการวิจัย

ในการศึกษานำร่องในครั้งนี้จะมี 2 ชุดการทดลองได้แก่ 1) บรจุ *Lactobacillus sp.reuteri* ในขั้ว Anode ของชุดการทดลอง 2) บรจุ *Yeast* ในขั้ว Anode ของชุดการทดลอง โดยในแต่ละชุดการทดลองจะมีวิธีการวิจัยทั้งหมด 4 ขั้นตอนได้แก่ 1) เตรียมสารละลายในขั้ว Anode 2) การเตรียมสารละลายในขั้ว Cathode 3) ขั้นตอนการเตรียมสะพานเกลือ และ 4) การวัดค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับอิทธิพลจากสารในขั้ว Anode

ระเบียบวิธีการวิจัย

1) ชุดการทดลองที่บรรจุ *Lactobacillus sp.reuteri* ในขั้ว Anode ซึ่งมีระเบียบวิธีการวิจัยได้ดังนี้

1.1) เตรียมสารละลายในขั้ว Anode

ในการเตรียมสารละลายในขั้ว Cathode ของชุดการทดลองนี้จำเป็นต้องบรรจุชนิดสารซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวถ่ายเทอิเล็กตรอน (Reducing agent) โดยในการชุดการทดลองนี้เจาะจงแบคทีเรีย *Lactobacillus sp.reuteri* ซึ่ง

อุปกรณ์และสารละลายที่เกี่ยวข้องในการทดลองชุดนี้คือ 1) ปริมาณแบคทีเรีย *Lactobacillus sp.reuteri* 1.8 กรัม 2) สารละลายบัฟเฟอร์ 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ถู 3) น้ำตาลกลูโคส (D-glucose) 3.5 กรัม 4) ตะกั่ว 1 ข้าง 5) ถ้วย 4 ออนซ์ จำนวน 1 ใบ ซึ่งขั้นตอนการเตรียมสารละลายในขั้ว Anode ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำสารละลายบัฟเฟอร์ 30 มิลลิลิตรลงในถ้วย 4 ออนซ์

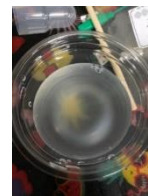
ขั้นตอนที่ 2 นำ *Lactobacillus sp.reuteri* จำนวน 1.8 กรัมใส่ลงในถ้วย 4 ออนซ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 แล้วทำการชนด้วยตะกั่วให้เป็นเนื้อเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 3 ทำการใส่สารละลายบัฟเฟอร์ 30 มิลลิลิตรลงในถ้วย 4 ออนซ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 แล้วทำการใส่น้ำตาล D-glucose 3.5 กรัมลงในถ้วย 4 ออนซ์

ขั้นตอนที่ 4 ทำการชนสารละลายด้วยตะกั่วในถ้วย 4 ออนซ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ให้เป็นเนื้อเดียวกัน



ภาพ 4) แสดงสารละลายในขั้ว Anode (ขั้นตอนที่ 2)



ภาพ 5) แสดงสารละลายในขั้ว Anode (ขั้นตอนที่ 4)

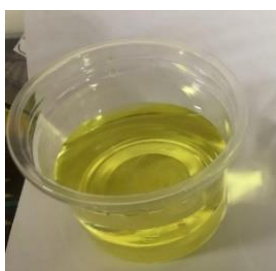
1.2) เตรียมสารละลายในขั้ว Cathode

ในการเตรียมสารละลายในขั้ว Cathode ของชุดการทดลองนี้จำเป็นต้องใช้สารที่มีคุณสมบัติเป็นตัวรับอิเล็กตรอน (Oxidizing agent) และสามารถหาได้ทั่วไปเพื่อความสะดวกในการใช้งานและไม่เป็นอันตราย โดยในการศึกษาครั้งนี้จะจงคือ สารโพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ ($K_3Fe(CN)_6$) เป็นหลัก โดยอุปกรณ์และสารละลายที่เกี่ยวข้องในการทดลองชุดนี้คือ 1) ขวดผงสาร ($K_3Fe(CN)_6$) 1 ขวด 2) สารละลายบัฟเฟอร์ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 ถู 3) สารละลายบัฟเฟอร์ 60 มิลลิลิตร จำนวน 1 ถู 4) ตะกั่ว 1 ข้าง 5) ถ้วย 4 ออนซ์ จำนวน 1 ใบ 6) หลอดหยด จำนวน 1 หลอด ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำสารละลายบัฟเฟอร์ 30 มิลลิลิตรลงในขวดซึ่งบรรจุสารโพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์แบบผง แล้วชนให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยตะกั่ว 1 ข้างนั้น

ขั้นตอนที่ 2 นำถ้วย 4 ออนซ์ แล้วใส่สารละลายบัฟเฟอร์ 60 มิลลิลิตรลงในถ้วย 4 ออนซ์ (จากขั้นตอนที่ 1)

ขั้นตอนที่ 3 นำหลอดหยดดูดสารละลายสารโพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ แล้วทำการหยดลงในถ้วย 4 ออนซ์จำนวน 15 หยด (~ 0.75 มิลลิลิตร) แล้วชนด้วยตะกั่วจนเป็นเนื้อเดียวกัน



ภาพ 6) สารละลายในขั้ว Cathode (ขั้นตอนที่ 3)

1.3.) การเตรียมเจลเกลือ และการเตรียมสะพานเกลือ

อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องต่อการทดลองในครั้งนี้ได้แก่ 1) ชุดหม้อร้อน (ชุดชาบู) จำนวน 1 ชุด 2) ถุงร้อน จำนวน 1 ชิ้น 3) น้ำสะอาด* จำนวน 500 มิลลิลิตร 4) ผงวุ้น Agar 1 กรัม จำนวน 1 ถุง 5) สารละลายอิเล็กโทรไลต์ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 ถุง 6) ถ้วยขนาด 3 ออนซ์ จำนวน 1 ใบ 7) สติกเกอร์ใส จำนวน 4 ชิ้น 8) ข้อต่อ PVC ขนาด 5 – 7 มิลลิลิตร จำนวน 4 ชิ้น 9) หลอดฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร 1 หลอด 10 โอรัง จำนวน 8 ชิ้น 11) ตะเกียบ 1 ช้าง ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ใส่ยางโอรังทั้ง 2 ด้านของข้อต่อ PVC แล้วทำการติดสติกเกอร์ด้านใดด้านหนึ่งของท่อ PVC

ขั้นตอนที่ 2 ทำการเทสารละลายอิเล็กโทรไลต์ลงในถ้วยขนาด 3 ออนซ์ แล้วทำการโรยผงวุ้นลงในถ้วยออนซ์

ขั้นตอนที่ 3 เทน้ำสะอาดปริมาณ 350 มิลลิลิตรลงในชุดหม้อร้อน (กล่องสีดำ) และ เทน้ำสะอาดปริมาณ 150 มิลลิลิตรลงในส่วนต้ม (กล่องสีขาว) แล้วใส่ถุงร้อนในกล่องสีดำเพื่อให้เกิดความร้อน

ขั้นตอนที่ 4 ทำการใส่กล่องสีขาวลงในกล่องสีดำแล้วทำการใส่ถ้วยออนซ์จากขั้นตอนที่ 2 ลงในกล่องสีขาว

ขั้นตอนที่ 5 ทำการปิดฝาแล้วรอประมาณ 20 - 30 นาที

ขั้นตอนที่ 6 นำถ้วยออนซ์ที่ได้ (ขั้นตอนที่ 5) ให้ความร้อนออกมาแล้วทำการขนด้วยตะเกียบ

ขั้นตอนที่ 7 ใช้หลอดฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร ดูดเจลเกลือใส่ลงในข้อต่อ PVC ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ทั้ง 4 ข้อต่อ

ขั้นตอนที่ 8 ทิ้งให้เจลแข็งตัวเป็นเวลา 30 นาที

ขั้นตอนที่ 9 ประกอบเซลล์เชื้อเพลิงชีวภาพ 2 ชั้น ต่อเข้าด้วยกันโดยใช้ข้อต่อ PVC ที่มีเจลเกลือเป็นตัวกลางในการเชื่อม และให้ด้านที่ปิดไว้อยู่ข้างล่าง

1.4.) การวัดค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าซึ่งได้รับอิทธิพลจากสารในขั้ว Anode

อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องต่อการทดลองในครั้งนี้ได้แก่ 1) หลอดฉีดยาขนาด 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ชิ้น 2) ขั้วไฟฟ้าอิเล็กโทรด จำนวน 8 ชิ้น 3) ที่จับขั้วไฟฟ้าจำนวน 8 ชิ้น 4) สายเคเบิลปากจระเข้ จำนวน 5 ชิ้น 5) สารละลายผสมฝั่ง Anode (จากขั้นตอนที่ 1.1) 7) สารละลายผสมฝั่ง Cathode (จากขั้นตอนที่ 1.2) 8) สะพานเกลือ 1 ชุด (ขั้นตอน 1.3) ซึ่งจะมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำหลอดฉีดยาเข็มหลอดที่ 1 ขนาด 20 มิลลิลิตร ดูดสารละลายผสมฝั่ง Anode ปริมาณ 10 มิลลิลิตร จำนวน 4 ครั้ง แล้วใส่ในด้ามใดด้านหนึ่งของแต่ละข้อต่อ PVC (กำหนดให้ด้านที่ถูกใส่สารละลาย คือ ขั้ว Anode)

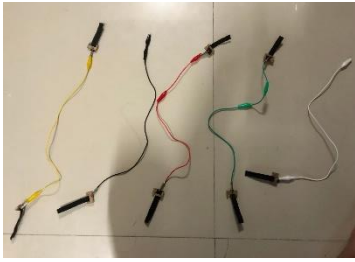
ขั้นตอนที่ 2 นำหลอดฉีดยาเข็มหลอดที่ 2 ขนาด 20 มิลลิลิตร ดูดสารละลายผสมฝั่ง Cathode ปริมาณ 10 มิลลิลิตร จำนวน 4 ครั้ง แล้วใส่ในด้ามใดด้านหนึ่งของแต่ละข้อต่อ PVC

ขั้นตอนที่ 3 นำปลายของสายเคเบิลทั้งสองด้านหนีบที่จับขั้วไฟฟ้าจำนวน 3 ชิ้น และ นำสายเคเบิลอีก 2 ชิ้นหนีบที่จับขั้วไฟฟ้าด้านใดด้านหนึ่งจำนวน 2 ชิ้น (ภาพ 7)

ขั้นตอนที่ 4 นำสายเคเบิลทั้ง 8 ชิ้นนำมาต่อวงจรอนุกรม (ภาพ 8)

ขั้นตอนที่ 5 นำสายเคเบิลด้าน Cathode ต่อกับ ขั้วบวก Multimeter และ นำสายเคเบิลของด้าน Anode ต่อกับขั้วลบ Multimeter

ขั้นตอนที่ 6 วัดค่าความดันไฟฟ้าของชุดการทดลองแล้วทำการบันทึกผลการทดลองโดยปรับค่าความดันกระแสไฟฟ้าในมัลติมิเตอร์เป็น 2V แล้วจับเวลา 1 นาที



ภาพ 7) สายประกอบเคเบิลทั้ง 8 ชิ้น (ขั้นตอน 3)



ภาพ 8) ชุดการทดลองในขณะวัดความดันไฟฟ้า

2) ชุดการทดลองที่บรรจุ *Yeast* ในขั้ว Anode

2.1) เตรียมสารละลายในขั้ว Anode

ในชุดการทดลองที่บรรจุ *Yeast* ในขั้ว Anode จำเป็นที่จะต้องเตรียมอุปกรณ์และสารละลายที่จำเป็นต้องใช้ได้แก่ 1) ยีสต์แบบผงละเอียด 7.5 กรัม 2) สารละลายบัฟเฟอร์ 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ถัง 3) น้ำตาล (D-glucose) จำนวน 3.5 กรัม 4) ตะเกียบ จำนวน 1 ช้าง 5) ถ้วย 4 ออนซ์ จำนวน 1 ใบ 6) หลอดหยด จำนวน 1 หลอด 7) สาร methylene blue (มากเกินไป) โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำสารละลายบัฟเฟอร์ 30 มิลลิลิตร ถูกลงใส่ลงในถ้วย 4 ออนซ์

ขั้นตอนที่ 2 นำ ยีสต์แบบผงละเอียด จำนวน 1.8 กรัม ใส่ลงในถ้วย 4 ออนซ์ (ขั้นตอนที่ 1) แล้วทำการขยด้วยตะเกียบให้เป็นเนื้อเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 3 ทำการใส่สารละลายบัฟเฟอร์ 30 มิลลิลิตรที่สองแล้วใส่ลงในถ้วยออนซ์ (ขั้นตอนที่ 2) แล้วทำการใส่ น้ำตาล D-glucose จำนวน 3.5 กรัม แล้วใส่ลงในถ้วย 4 ออนซ์

ขั้นตอนที่ 4 ใช้หลอดหยดสาร Methylene blue จำนวน 20 หยด (~ 1 มิลลิลิตร)

ขั้นตอนที่ 5 ขยสารละลายด้วยตะเกียบในถ้วยออนซ์ (ขั้นตอนที่ 3) ให้เป็นเนื้อเดียวกัน



ภาพ 9) สารละลายที่ถูกหยดสาร Methylene blue จำนวน 20 หยด (ขั้นตอนที่ 4)

หมายเหตุ* ในขั้นตอน 2.2) การเตรียมสารละลายในขั้ว Cathode , 2.3) (การเตรียมเจลเกลือ และ การเตรียมสะพานเกลือ) และ 2.4) การวัดค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับอิทธิพลจากสารในขั้ว Anode มีวิธีการดำเนินงานเหมือนกันทุกประการกับขั้นตอน 1.2) 1.3) และ 1.4) ของชุดการทดลองที่บรรจุ *Lactobacillus sp.reuteri* ในขั้ว Anode ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองสามารถสรุปผลการทดลองได้ว่าประสิทธิภาพการผลิตแรงดันไฟฟ้าของแบคทีเรีย *Lactobacillus sp.reuteri* ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 V น้อยกว่า ประสิทธิภาพการผลิตแรงดันไฟฟ้าของ *Yeast* ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่าง 1.2 ถึง 1.5 V ในระยะเวลาบันทึกผลการทดลอง 1 นาที ซึ่งตรงกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ซึ่งสอดคล้องเมแทบอลิซึมของการหมักกรดแลคติก และ การหมักเอทานอลที่ถูกกล่าวไว้ในบทนำ ดังนั้นจึงสามารถบอกได้ว่า *Lactobacillus sp.reuteri* และ *Yeast* มีประสิทธิภาพในการสร้างพลังงานไฟฟ้าแต่ยังคงผลิตได้ในปริมาณต่ำจนกว่าที่จะสามารถใช้งานได้

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยในการศึกษานำร่องนี้ขอขอบคุณบริษัท Space Zab และโครงการพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับเด็กและเยาวชน (JSTP) รุ่น 24 ที่ได้ส่งมอบชุดอุปกรณ์การทดลองและให้คำปรึกษาต่าง ๆ จนการศึกษาในครั้งนี้บรรลุเป้าหมายตามจุดประสงค์ได้อย่างสำเร็จ

อ้างอิง

- [1] ปิรันธน์ แสนสุข. (2564). Biofuel Cell [เอกสารที่ไม่ได้ตีพิมพ์]. สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
- [2] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (ม.ป.ป). Lactic acid bacteria / แบคทีเรียผลิตกรดแล็กติก. <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0782/lactic-acid-bacteria-%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%84%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%94%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B9%87%E0%B8%81%E0%B8%97%E0%B8%B4%E0%B8%81>
- [3] ภริณดา ทยานุกุล. (2564). Bioelectricity [เอกสารที่ไม่ได้ตีพิมพ์]. ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล
- [4] แบคทีเรียในลำไส้มนุษย์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้. (2018, 24 กันยายน). <https://www.bbc.com/thai/international-45623098>
- [5] Cahoon, L., Freitag N. (2018) , The electrifying energy of gut microbes. Nature. <https://www.nature.com/articles/d41586-018-06180-z>
- [6] Madhu. (2021, June 2) . Difference Between Homolactic and Heterolactic Fermentation. <https://www.differencebetween.com/difference-between-homolactic-and-heterolactic-fermentation/>
- [7] Mu, Q., Tavella, V. & Luo, Xin. (2018, Apr 19). Role of *Lactobacillus reuteri* in Human Health and Diseases. National Library of Medicine. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5917019/>
- [8] Natalia S., Celina B., Eduardo C., (2017), Isolation and Characterization of a Novel Electrogenic Bacterium, *Dietzia* sp. RNV-4. PLOS ONE 12(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169955>
- [9] Liu, R., Zhao Y., Lu S. & Huang, Q. (2012), Electricity generation from lactate using microbial fuel cell and the distribution characteristics of anode microbial community. National Library of Medicine (PubMed) 52(6). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22934355/>

ศึกษากกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมมุลว้าว

ชัยรัตน์ หงษ์ทอง^{1*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ขนมอบลักษณะคล้ายมุลว้าวและหากรรมวิธีการผลิต จากการลงพื้นที่ได้มาซึ่งสูตรจำนวน 5 สูตร ทดลองขั้นต้น การประเมินของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมพบว่า สูตรที่ 5 มีความคล้ายคลึงมุลว้าวและรสชาติที่ยอมรับได้ ซึ่งมีส่วนผสมและกรรมวิธี ดังนี้ นำแป้งสาลี 250 กรัมผสมกับน้ำตาลทราย 140 กรัม ผงฟู 1.5 กรัม เกลือ 4 กรัม เบคกิ้งโซดา 4 กรัม และร่อน 1 ครั้ง ผสมให้เข้ากัน ใส่เนยมันพีช 80 กรัม ไข่ไก่ 1 ฟอง และน้ำ 13 กรัม ผสมเข้ากัน นำมาเทลงบนแป้งสาลี 250 กรัม นำเม็ดมะม่วงหิมพานต์ 25 กรัม ใส่ลงไป ผสมให้เข้ากันจากนั้นตักขึ้นมาปั้นแล้วนำไปคลุกผงไมโลให้ทั่ว นำส่วนผสมที่ปั้นไว้มาวางด้านบนฝอยทองแล้วกดก้อนขนมให้แตกบนฝอยทอง ทาไขลงไปบาง ๆ และใส่เมล็ดงาดำลงไปครึ่งช้อนชา เตาอบปรับไฟ 180 องศา ไฟบน-ล่าง เวลา 25 นาที ทำการทดลอง จำนวน 30 ครั้ง นำขนมมุลว้าวประเมินโดยเกษตรกร 20 ท่าน พบว่า รสชาติของขนม ระดับความพึงพอใจที่ 5.0 (มากที่สุด), คุณภาพของวัตถุดิบ 4.8 (มาก), ความคล้ายมุลว้าว 4.7, ขนาด 4.9, รูปแบบการบรรจุภัณฑ์ 4.8 และ ความเหมาะสมราคากับผลิตภัณฑ์ 4.6, ความเหมาะสมราคาจำหน่าย 4.9 เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มรายได้ต่อไป

คำสำคัญ: กรรมวิธี, การผลิต, ผลิตภัณฑ์, ขนมมุลว้าว

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์. หลักสูตรเทคโนโลยีการผลิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

*Corresponding author: E-mail: Chairat_h@rmutt.ac.th

Study of the Production Process of Cow Dung Snack Products

Chairat Hongthong^{1*}

Abstract

The purpose of this research was to produce a baked goods similar to cow dung and find production methods from field visits. From the experiment, a total of 5 formulas were obtained, a dairy farmer's evaluation found that formula 5 was similar to cow dung and tasted acceptable which contains the following ingredients and methods 250 grams of wheat flour, 140 grams of sugar, 1.5 grams baking powder, 4 grams salt, 4 grams baking soda. Sift 1 time and mix well add 80 grams of vegetable oil, 1 egg and 13 grams of water, mix well. Pour over 250 grams of wheat flour, add 25 grams of cashew nuts and mix well. Mix together with Milo powder, put the ingredients that are molded with for thong dessert. Brush a thin layer of egg and add half a teaspoon of poppy seeds. Adjust oven temperature to 180 degrees, top-bottom heat for 25 minutes, experiment 30 times. The cow dung pastries were evaluated by 20 farmers and found that taste of dessert satisfaction level 5.0 (most), raw material quality 4.8 (large), cow dung similarity 4.7, cow dung pastry shape 4.9, packaging style 4.8 and price suitability for the product 4.6, appropriate selling price 4.9 as a way to increase revenue further.

Keywords: Process, Production, Products, Cow dung process

บทนำ

การเลี้ยงโคนม เพื่อนำน้ำนมมาบริโภคในประเทศไทยเริ่มมานานแล้ว แต่เพิ่งมาเลี้ยงอย่างจริงจัง เมื่อพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้ทรงสถาปนาศูนย์ฝึกอบรมการเลี้ยงโคนมไทย-เดนมาร์กขึ้น ที่อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี ร่วมกับพระเจ้าเฟรเดอริกที่ 9 (King Frederick IX) แห่งประเทศเดนมาร์ก เมื่อ พ.ศ. 2505 ศูนย์ฝึกอบรมนี้ ต่อมาได้พัฒนากลายเป็นองค์กรส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย มีฐานะเป็นรัฐวิสาหกิจ สังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ขณะเดียวกันพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้ทรงทดลองเลี้ยงโคนมด้วยพระองค์เอง ในบริเวณสวนจิตรลดาและเมื่อเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม สามารถผลิตน้ำนมดิบได้เกินความต้องการของตลาด ก็ได้ทรงโปรดเกล้าฯ ให้สร้างโรงงานนมผงและศูนย์รับนม นอกจากนี้ยังทรงริเริ่มให้มีการจัดตั้งบริษัทผลิตภัณฑ์นมหนองโพ จำกัด (ในพระบรมราชูปถัมภ์) ดำเนินการผลิตนมผงใน พ.ศ. 2515 ต่อมาใน พ.ศ. 2518 ได้ทรงโอนกิจการของบริษัทนี้ ให้สหกรณ์โคนมราชบุรีจำกัด ซึ่งต่อมาได้เปลี่ยนชื่อเป็น สหกรณ์โคนมหนองโพราชบุรี จำกัด (ในพระบรมราชูปถัมภ์) การเลี้ยงโคนมแม้มีรายจ่ายค่อนข้างสูง แต่ผลตอบแทนจากการเลี้ยงโคนม จะสูงกว่าการทำนาทำไร่หลายเท่า จึงเป็นการสร้างรายได้ที่ดีของเกษตรกร ทั้งที่มีอาชีพเลี้ยงโคนมโดยตรงและที่เป็นอาชีพเสริม นับว่ามีส่วนช่วยในการสร้างงานในชนบทของชาติและช่วยลดการสูญเสียเงินตราให้แก่ต่างประเทศ จากการนำเข้าผลิตภัณฑ์นมชนิดต่าง ๆ ประกอบกับประเทศไทย ก็มีภูมิประเทศที่เหมาะสมกับการเลี้ยงปศุสัตว์ เนื่องจากอุดมสมบูรณ์ด้วยอาหารสัตว์ เช่น พืชหญ้าเลี้ยงสัตว์ ผลิตภัณฑ์พืชไร่ (ข้าวโพด มันสำปะหลัง ฯลฯ) วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตร (เปลือกข้าว รำข้าว เปลือกสับประรด ยอดอ้อย กากน้ำตาล ฯลฯ) ซึ่งมีราคาถูกและสามารถ เลือกลงแทนกันได้หากสิ่งหนึ่งสิ่งใดมีราคาเพิ่มขึ้น ส่วนมูลโคก็มีประโยชน์ต่อการพัฒนาที่ดินของเกษตรกรและอาจนำมาใช้ทำแก๊สชีวภาพ สำหรับใช้ในครอบครัวได้อีกด้วย การเลี้ยงโคนมจึงเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยพยายามสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เช่น แทนที่จะผลิตมันสำปะหลังเพื่อส่งออก สำหรับการเลี้ยงปศุสัตว์ในต่างประเทศก็นำมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์ภายในประเทศ เพื่อส่งออกเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ ซึ่งมีมูลค่าสูงกว่าเป็นต้น นอกจากนี้ทางรัฐบาลก็ได้ให้การส่งเสริมทางด้านสินเชื่อการเกษตร การปรับปรุงพันธุ์สัตว์โดยการผสมเทียม การบริการสัตวแพทย์และเกษตรกรสามารถขายน้ำนมดิบได้ในราคาประกันที่เป็นธรรม

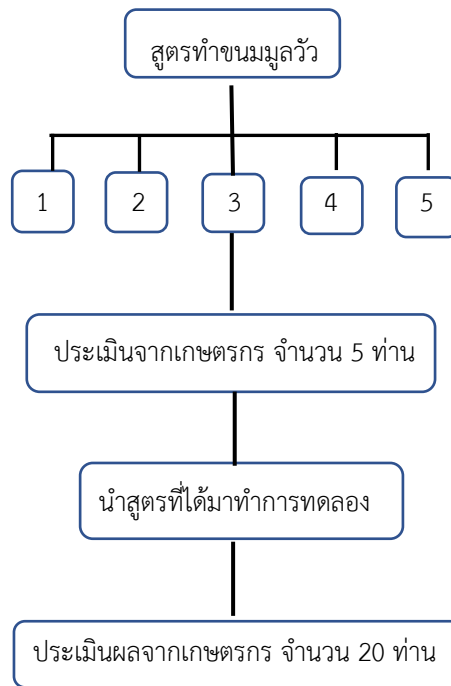
โรคโควิด-19 (COVID-19) คือโรคติดต่ออุบัติใหม่ซึ่งเกิดจากเชื้อไวรัส โคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 (Severe Acute Respiratory Syndrome-Coronavirus-2 ; SARS-CoV-2) พบการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสครั้งแรกในช่วงเดือนธันวาคมปี 2019 ที่ตลาดในเมืองอู่ฮั่น ประเทศจีน หลังจากนั้นเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ได้มีการกลายพันธุ์เป็นหลากหลายสายพันธุ์และมีการแพร่ระบาดไปทั่วโลก โดยสายพันธุ์ระดับที่น่ากังวล (Variants of Concerns) หรือสายพันธุ์ที่แพร่กระจายได้ง่ายกว่าเดิม สามารถหลีกเลี่ยงภูมิคุ้มกันในร่างกายได้ดีกว่าเดิม ด้วยมาตรการการควบคุมโรคที่ทุกประเทศใช้อยู่ขณะนี้ ตั้งแต่การลดการเดินทางการเข้าออกพื้นที่ การปิดสนามบิน การใช้มาตรการ Social distancing มีการปิดสถานที่ ปิดสถานการค้า และกิจกรรมทางเศรษฐกิจ ปิดเมือง ฯลฯ ย่อมมีผล กระทั่งไปถึงการชะงักงันของเศรษฐกิจการค้า การทำงานผลิต และอุตสาหกรรมท่องเที่ยวและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง โรงแรม ร้านอาหาร รวมไปถึงการผลิตในภาคอุตสาหกรรม ขณะเดียวกันทุกคนมีความกังวล และต้องดูแลปกป้องตัวเองมีการกักตัวอยู่กับบ้าน หลายคนไม่สามารถมาทำงานหาเลี้ยงชีพแบบปกติได้ ธุรกิจจำนวนมากต้องหยุดกิจการ หรือทำได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ จนทำให้ขาดรายได้มาจนเจือจรรอบครัว ถึงแม้ว่ารัฐบาลจะมีมาตรการเยียวยา ผู้ขาดรายได้ในรูปแบบ แต่ก็ยังเกิดความเครียดและปัญหาทางสุขภาพจิตตามมา การค้าและการลงทุนเกิดผลกระทบบ่อน้างรุนแรง แม้แต่เศรษฐกิจโลกก็กำลังเข้าสู่วิกฤติเศรษฐกิจจึงเกิดปัญหาอย่างมาก โดยเฉพาะคนยากจนที่ต้อง

ทำงานหาเลี้ยงชีพเป็นวัน ๆ ซึ่งคนเหล่านี้จะต้องตกงาน สูญเสียรายได้คนยากจนเหล่านี้ยังไม่สามารถเข้าถึงบริการทางด้านสาธารณสุขได้เท่ากับคนที่มั่งคั่ง การร่วมแรงร่วมใจฟันฝ่าอุปสรรค จึงต้องช่วยเหลือแบ่งปัน เพื่อให้ผ่านวิกฤติไปได้

ขนม [ขนม] น. ของกินที่ไม่ใช่กับข้าว มักปรุงด้วยแป้งหรือข้าวกับกะทิหรือน้ำตาล ของหวาน ทางเหนือเรียกว่า ข้าวเหนียว ผลิตภัณฑ์ขนมอบเป็นที่รู้จักของคนทั่วไป สามารถหาซื้อได้ตามร้านสะดวกซื้อหรือร้านเบเกอรี่ทำให้ขนมอบเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย ปัจจุบันขนมอบเป็นที่นิยมในกลุ่มของคนทั่วไป ตั้งแต่เด็กจนถึงผู้สูงอายุ นับว่าค่านิยมในการรับประทานขนมอบมีความแตกต่างจากอดีตที่ไม่นิยมรับประทาน เพราะขนมมีราคาสูง วัตถุดิบบางอย่างต้องนำเข้า การทำขนมแต่ละครั้งทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ขนมอบนอกจากสื่อถึงความคิดสร้างสรรค์ ยังสามารถสะท้อนถึงเอกลักษณ์ด้านวัฒนธรรมของชาติต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี ซึ่งขนมอบในแต่ละท้องถิ่นก็มีความโดดเด่นเฉพาะตัว ทั้งในเรื่องรูปลักษณ์ที่มีความหลากหลาย วัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบสำคัญและกรรมวิธีที่ต่างกันไป ขนมอบเป็นที่นิยมของชาวต่างชาติเป็นอย่างมาก ประกอบกับช่วงสภาพหนาวเย็น เป็นระยะเวลานาน แม่บ้านมักผลิตขนมอุ่น ๆ จากเตาให้สมาชิกในครอบครัวรับประทาน ขนมโบราณที่สืบทอดมานาน ได้แก่ เค้ก คุกกี้และขนมปัง แต่ในยุคหลัง ๆ มีผลิตภัณฑ์ใหม่อย่าง พัพพายและบราวนี่ก็เป็นอีกหนึ่งในผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ได้รับความนิยม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการสร้างผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีลักษณะคล้ายกับมุลิ้วและหากรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีลักษณะคล้ายกับมุลิ้ว ให้เป็นต้นแบบกับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมประกอบการณ์นำไปจำหน่ายเพื่อเพิ่มรายได้ในการครองชีพต่อไป

วิธีการดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 1 วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ลักษณะของขนมอบและสูตรที่ใช้ในการทำขนมมูลว้าว จำนวน 5 สูตร ได้จากความต้องการของเกษตรกร
2. นำสูตรทั้ง 5 สูตรมาทำการผลิตผลิตภัณฑ์ ขนมมูลว้าว
3. ประเมินผลผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร จากเกษตรกร จำนวน 5 ท่าน
4. นำสูตรที่ผ่านการประเมินที่ดีที่สุดมาดำเนินการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์

ส่วนผสมของการทำขนมมูลว้าว ในการดำเนินการทำขนมมูลว้าวนี้จำเป็นต้องใช้ส่วนผสม โดยมีรายละเอียดดังนี้

- แป้งสาลีเอนกประสงค์ (แป้งว่าว) เนื้อแป้งมีสัมผัสไม่เนียนนุ่มเท่าแป้งเค้ก แต่ไม่หนักหรือหยาบเท่าแป้งขนมปัง เหมาะสำหรับการทำบราวนี่ คุกกี้คุกกี้ พายต่าง ๆ หรือบะหมี่ แผ่นก๊วย ในการทำขนมมูลว้าวใช้ 250 กรัม ต่อการทำขนมหนึ่งครั้ง
- น้ำตาลทรายขาว มีลักษณะเป็นสีขาว มีความบริสุทธิ์สูง โดยทั่วไปนิยมนำไปบริโภคโดยตรง การทำขนมมูลว้าวใช้น้ำตาลทรายขาว 140 กรัม ต่อการผสมแป้งหนึ่งครั้ง
- ไข่ไก่ ไข่เป็นอาหารของคนหลายชาติหลายภาษา ในแง่โภชนาการ ไข่ขาวและไข่แดงรวมกัน จะเป็นอาหารที่สมบูรณ์ ในการทำขนมมูลว้าวใช้ ไข่ไก่ 1 ฟอง ต่อการผสมแป้งหนึ่งครั้ง

- น้ำมันพืช หรือ ไขมันพืช เป็นไขมันที่สกัดจากเมล็ดหรือจากส่วนอื่น ๆ ของพืช เหมือนกับไขมันสัตว์ เป็นตัวอย่างไขมันจากเมล็ด น้ำมันมะกอก น้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าว ในการทำ ขนมมุลวู้ใช้น้ำมันพืช 80 กรัม ต่อการผสมแป้งหนึ่งครั้ง
- ผงฟูทำขนมปัง ใช้ในการอบและดับกลิ่น มีหลายรูปแบบ โดยทั่วไปมีฤทธิ์เป็นด่างเรียกว่า โซเดียมไบคาร์บอเนต ในการทำขนมมุลวู้ใช้ผงฟู 1.5 กรัม ต่อ การผสมแป้งหนึ่งครั้ง
- เกลือมีคุณสมบัติดูดน้ำเข้าตัว เมื่อทิ้งเกลือไว้ในภาชนะเปิด มันจะดูดน้ำในอากาศจน เยิ้มละลาย ด้วยคุณสมบัติซื่อนี้ทำให้มันสามารถถนอมอาหารไม่ให้บูดเน่า เพราะมันจะดูดน้ำออกจาก เชื้อจุลินทรีย์จึงไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในการทำขนมมุลวู้ใช้เกลือ 4 กรัม ต่อการผสมแป้งหนึ่งครั้ง
- น้ำดื่มบรรจุขวด ในการทำขนมมุลวู้ใช้น้ำดื่มปริมาณ 13 กรัม ต่อการผสมแป้งหนึ่งครั้ง
- เบคกิ้งโซดา มีฤทธิ์เป็นด่างสลายตัวเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับส่วนผสมที่เป็น กรดในส่วนผสมของเหลว ก็จะทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งฟองก๊าซนี้แหละทำให้ส่วนผสมขึ้นฟู เป็น เหตุผลว่าเวลาทำขนม ต้องเอาของเหลวผสมในของแห้งหลังสุด เพราะจะเกิดก๊าซทันที และรีบเอาไปอบ เบคกิ้งโซดามีผลเสียคือจะมีสารตกค้างหากใส่มากเกินไปจะทำให้เกิดรสฝื่อน ในการทำขนมมุลวู้ใช้ เบคกิ้งโซดา 4 กรัม ต่อการผสมแป้งหนึ่งครั้ง
- เม็ดมะม่วงหิมพานต์ซีก เม็ดมะม่วงหิมพานต์จะช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ หลอดเลือดได้ เม็ดมะม่วงหิมพานต์นั้นมีสรรพคุณช่วยป้องกันโรคมะเร็งและยังช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้อีกด้วย ในการทำขนมมุลวู้ใช้เม็ดมะม่วงหิมพานต์ซีก 25 กรัม ต่อการผสมแป้งหนึ่งครั้ง
- งาดำ จัดเป็นพืชที่มีคุณประโยชน์มากมาย การรับประทานเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ อย่างต่อเนื่องเป็นประจำ จะช่วยเสริมสร้างสุขภาพให้แข็งแรง เมื่ออายุมากขึ้นร่างกายของคุณจะแข็งแรง กว่าผู้ที่ไม่ได้รับประทานอย่างแน่นอน และเป็นยาที่รักษาได้ทุกโรค ในการทำขนมมุลวู้ใช้งาดำ 10 กรัม ต่อการผสมแป้งหนึ่งครั้ง
- ไมโลวงเครื่องดื่มช็อกโกแลตมอลต์ ที่ให้รสชาติอร่อยและกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ เป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานโภชนาการ ในการทำขนมมุลวู้ใช้ไมโลวง 50 กรัม ต่อการผสมแป้งหนึ่งครั้ง
- ผอยทอง เป็นขนมโปรตุเกส ลักษณะเป็นเส้นฝอยสีทอง ทาจากไข่แดงของไข่เป็ด เคี้ยวในน้ำเดือดและน้ำตาลทราย ชาวโปรตุเกสใช้รับประทานกับขนมปัง กับอาหารมื้อหลักจำพวก เนื้อสัตว์ และใช้รับประทานกับขนมเค้ก ในการทำขนมมุลวู้ใช้ผอยทอง 300 กรัม ต่อการผสมแป้งหนึ่งครั้ง
- กลิ่นวานิลลานั้นจะสกัดมาจากฝักของพืชที่ชื่อ Vanilla ซึ่งมีลักษณะเป็นฝัก เล็ก ๆ สีดำ สำหรับสายพันธุ์ที่ถูกจัดว่าดีที่สุดและเป็นที่ยอมรับมากที่สุดก็คือ สายพันธุ์จากมาดากัสการ์ ด้วยกลิ่นที่หอมหวานนี้เอง ทำให้วานิลลาจึงถูกนำมาใช้ทำขนมหลากหลายประเภท ซึ่งนอกจากจะช่วยดับ กลิ่นคาวของแป้ง เนยและไข่ไก่ ในการทำขนมมุลวู้ใช้กลิ่นวานิลลา 60 มิลลิลิตร ต่อการผสมแป้งหนึ่งครั้ง

ขั้นตอนการทำขนมมุลวู้

- นำแป้งสาลี 250 กรัมผสมเข้ากับน้ำตาลทราย 140 กรัม ผงฟู 1.5 กรัม เกลือ 4 กรัม เบคกิ้งโซดา 4 กรัม และร่อน 1 ครั้ง ผสมให้เข้ากัน
- ใส่ไขมันพืช 80 กรัม ไข่ไก่ 1 ฟองและน้ำ 13 กรัม ผสมกัน นำมาเทลงบน แป้งสาลี 250 กรัม เตรียมไว้
- คลุกเคล้าให้เข้ากันและนำเม็ดมะม่วงหิมพานต์ 25 กรัม ใส่ลงไป

- เมื่อส่วนผสมเข้าที่แล้วจากนั้นตั้งขึ้นมาเป็นก้อนกลมแล้วนำไปคลุกผงไมโลให้ทั่วทั้งลูก
- หลังจากนั้นนำฟอยทองมาวางให้ได้ขนาดกลม นำส่วนผสมที่ปั้นไว้มาวางด้านบนฟอยทอง แล้วบีบก้อนขนมให้แตกบนฟอยทองและนำฟอยทองมาโรยทับด้านบนหน้าอีกพอประมาณ
- ทาไขลงไปบาง ๆ และใส่เมล็ดงาดำลงไปครึ่งช้อนชา
- เตอบโดยปรับไฟที่ 180 องศา ไฟบน-ล่าง ใช้เวลา 25 นาที

2.5 นำผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ได้ไปประเมินจากเกษตรกร จำนวน 20 ท่าน

ผลการทดลอง

ผลการทดลองขึ้นต้นจากสูตรในการทดลองที่มีความแตกต่างกัน จำนวน 5 สูตร และทำการวัดผลประเมินการทดลองโดยเกษตรกร จำนวน 5 ราย ดังตารางที่ 1. จึงนำผลการทดลองสูตรที่ผ่านการประเมินที่ดีที่สุดในด้าน สี รสชาติ ความกรอบและลักษณะของขนมอบที่มีลักษณะคล้ายมุลว้าว มาทำการทดลองการทดลองครั้งที่ 2 ทำการทดลองจำนวน 3 ชุด การทดลอง ชุดการทดลองละ 10 ครั้ง รวมถึงมีการบรรจุภัณฑ์ขนมมุลว้าว ผลที่ได้จากการทดลอง ดังรูปที่ 2 และผลการประเมินผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีลักษณะคล้ายมุลว้าวจากเกษตรกร จำนวน 20 ท่าน พบว่า ขึ้นขนมอบมีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยที่ 9.05 เซนติเมตร ความหนาเฉลี่ยที่ 6.32 มิลลิเมตร ทำการทดลองจำนวน 3 ชุดการทดลอง การทดลองละ 10 ครั้ง นำขนมอบมุลว้าวที่ได้ไปให้กับเกษตรกรประเมินผลการทดลอง พบว่า ด้านผลิตภัณฑ์ รสชาติของขนม ได้ระดับความพึงพอใจที่ 5.0 (มากที่สุด), คุณภาพของวัตถุดิบ 4.8 (มาก), ความคล้ายมุลว้าว 4.7, ขนาด 4.9, รูปแบบในการบรรจุภัณฑ์ 4.8 และ ด้านราคา ความเหมาะสมราคากับผลิตภัณฑ์ 4.6, ความเหมาะสมราคาในการจัดจำหน่าย 4.9 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1. ผลการทดลองจากสูตรที่ใช้ทำขนมมุลว้าว

สูตรที่	สี	รสชาติ	ความกรอบ	ลักษณะคล้ายมุลว้าว	รูปประกอบ
1	×	×	×	×	
2	×	×	×	×	
3	/	×	×	/	
4	×	/	/	/	
5	/	/	/	/	

ตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินจากเกษตรกร

ปัจจัยสอบถาม	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)	
ด้านผลิตภัณฑ์						
1. รสชาติของขนม	16	4				4.80
2. คุณภาพของวัตถุดิบ	15	5				4.75
3. ความคล้ายมูลวัว	17	3				4.70
4. ขนาด	15	5				4.75
5. รูปแบบในการบรรจุภัณฑ์	9	7	4			4.45
ด้านราคา						
1. ความเหมาะสมราคากับผลิตภัณฑ์	19	1				4.95
2. ความเหมาะสมราคาในการจัดจำหน่าย	14	6				4.70

สรุปผลการทดลอง



รูปที่ 2 ผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีลักษณะคล้ายกับมูลวัว

จากงานวิจัยสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีลักษณะคล้ายกับมูลวัว โดยเริ่มจากการลงพื้นที่จนได้มาซึ่งสูตรในการทำขนมอบ จำนวน 5 สูตร ทำการทดลองขั้นต้นทั้ง 5 สูตร จากการประเมินของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมพบว่า สูตรที่ 5 มีความคล้ายคลึงกับมูลวัวและรสชาติที่ยอมรับได้ ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิต คือ นำแป้งสาลี 250 กรัม ผสมเข้ากับน้ำตาลทราย 140 กรัม ผงฟู 1.5 กรัม เกลือ 4 กรัม เบคกิ้งโซดา 4 กรัม และร่อน 1 ครั้ง ผสมให้เข้ากัน จากนั้นใส่น้ำมันพืช 80 กรัม ไข่ไก่ 1 ฟอง และน้ำ 13 กรัม ผสมเข้ากัน นำมาเทลงบน แป้งสาลี 250 กรัม เติร์ยมไว้ คลุกเคล้าให้เข้ากันและนำเม็ดมะม่วงหิมพานต์ 25 กรัม ใส่ลงไป เมื่อส่วนผสมที่แล้วจากนั้นตักขึ้นมาปั้นเป็นก้อนกลมแล้วนำไปคลุกผงไมโลให้ทั่วทั้งลูก หลังจากนั้นนำฟอยทองมาวางให้ได้ขนาดกลม นำส่วนผสมที่ปั้นไว้มาวางด้านบนฟอยทอง แล้วบีบก้อนขนมให้แตกบนฟอยทองและนำฟอยทองมาโรงทับด้านหน้าอีกพอประมาณ ทาไข่ลงไปบาง ๆ และใส่เมล็ดงาดำลงไปครึ่งช้อนชา เตาอบโดยปรับไฟที่ 180 องศา ไฟบน-ล่าง ใช้เวลา 25 นาที โดยขึ้นขนมมีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยที่ 9.05 เซนติเมตร ความหนาเฉลี่ยที่ 6.32 มิลลิเมตร ทำการทดลองจำนวน 3 ชุดการทดลอง การทดลองละ 10 ครั้ง นำขนมอบมูลวัวที่ได้ไปให้กับเกษตรกร จำนวน 20 ท่านประเมินผลการทดลอง พบว่าด้านผลิตภัณฑ์ รสชาติของขนม ได้ระดับความพึงพอใจที่ 5.0 (มากที่สุด), คุณภาพของวัตถุดิบ 4.8 (มาก), ความคล้ายมูลวัว 4.7,

ขนาด 4.9, รูปแบบในการบรรจุภัณฑ์ 4.8 และ ด้านราคา ความเหมาะสมราคากับผลิตภัณฑ์ 4.6, ความเหมาะสมราคาในการจัดจำหน่าย 4.9 งานวิจัยนี้ได้นำเสนอและถ่ายทอดให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมเพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มรายได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

การเลี้ยงโคนมในประเทศไทย – สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ แหล่งที่มา; <https://www.saranukromthai.or.th/ขนมแหล่งที่มา>; <https://www.sanook.com/dictionary/dict/dict-th-th-royal-institute/search/ขนม/>
ขวัญรัศมี หอมจันทร์. 2551. ประวัตินบราวนี่. แหล่งที่มา; <http://www.zomzaa.com>.
พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงษ์, นิธิยา รัตนานนท์. ผลิตภัณฑ์ขนมอบ. แหล่งที่มา; <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3754>.
โรคโควิด-19 แหล่งที่มา; [www.winmed.com/th/updates/knowledge-base/covid-19-knowledge/COVID-19 Course](http://www.winmed.com/th/updates/knowledge-base/covid-19-knowledge/COVID-19-Course) แหล่งที่มา; <https://learningcovid.ku.ac.th/course/?c=7&l=2>



Session
วิทยาศาสตร์เคมี
และเภสัช

การพัฒนาตำรับไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอางจากน้ำมันพืช

ประภาพร บุญมี^{1*} ปาริมา เรืองศรี² และพิสิษฐ์ เยาวานิชกุล²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ล้างเครื่องสำอางในรูปแบบไมโครอิมัลชันจากน้ำมันพืช โดยสร้างแผนภาพวัฏภาคไตรภาคเพื่อหาพื้นที่ไมโครอิมัลชันของระบบที่ประกอบด้วยน้ำมันรำข้าว น้ำมันมะพร้าว น้ำมันโจโจบา น้ำมันละหุ่ง หรือน้ำมันมะกอก เป็นวัฏภาคน้ำมัน สเปน-80 หรือของผสมระหว่างสเปน-80 กับทวิน-80 เป็นสารลดแรงตึงผิว และ น้ำหรือของผสมระหว่างน้ำกับโพรพิลีนไกลคอลเป็นวัฏภาคน้ำ จากนั้นเลือกเตรียม 5 ตำรับ ศึกษาสมบัติและความคงตัวทางกายภาพ รวมถึงความสามารถในการล้างเครื่องสำอางที่ทาบนหนังหมูด้วยเทคนิคอัลตราไวโอเลตและวิลลิเบลสเปกโทรสโคปี ผลการศึกษาพบว่าระบบที่ประกอบด้วยน้ำมันรำข้าว น้ำมันมะพร้าว หรือน้ำมันโจโจบา, 2:1 หรือ 3:1 สเปน-80:ทวิน-80 และ 1:1 น้ำ:โพรพิลีนไกลคอล สามารถใช้เตรียมตำรับ ทุกตำรับที่เลือกเป็นไมโครอิมัลชันประเภทน้ำในน้ำมัน มี pH เฉลี่ยในช่วง 5.26-7.58 ไหลแบบนิวโตเนียนและหนืดต่ำ ลักษณะที่มองเห็นหลังเก็บภายใต้สภาวะแรงที่อุณหภูมิร้อนเย็นสลับกัน 5 รอบ และภายใต้สภาวะปกตินาน 8 สัปดาห์ ไม่เปลี่ยนแปลง ค่าการดูดกลืนแสงของเครื่องสำอางที่ถูกเช็ดออกซึ่งวัดที่ความยาวคลื่น 212 นาโนเมตร แสดงผลว่าไมโครอิมัลชันที่ประกอบด้วยน้ำมันรำข้าว, 2:1 สเปน-80:ทวิน-80 และ 1:1 น้ำ:โพรพิลีนไกลคอล ร้อยละ 65, 30 และ 5 ตามลำดับ ทำความสะอาดเครื่องสำอางได้ดีที่สุด ตำรับนี้จึงน่าสนใจในการนำไปศึกษาต่อไป

คำสำคัญ : ผลิตภัณฑ์ล้างเครื่องสำอาง เครื่องสำอางกันน้ำ ไมโครอิมัลชัน น้ำมันพืช

¹ รศ.ดร., สาขาวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

¹ นักศึกษาชั้นปีที่ 5, สาขาวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

¹ Assoc. Prof. Dr., Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Prince of Songkla University, Songkhla 90112, Thailand

² Fifth-year student, Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Prince of Songkla University, Songkhla 90112, Thailand

* Corresponding author: Tel.: 074-288842. E-mail address: prapaporn@pharmacy.psu.ac.th

Formulation development of cleansing microemulsions from plant oils

Prapaporn Boonme^{1*}, Parima Ruangsri², and Pisit Yaowanichkul²

Abstract

The purpose of this study was to develop makeup removers in form of microemulsions from plant oils. Pseudoternary phase diagrams were constructed to determine microemulsion regions using rice bran oil, coconut oil, jojoba oil, castor oil, or olive oil as oil phase. Span-80 or a mixture of Span-80 and Tween-80 was studied as surfactant. Water or a mixture of water and propylene glycol was studied as aqueous phase. Afterward, 5 formulations were selected to prepare, investigate for their physical characteristics as well as stability, and evaluate for their ability to remove makeup applied on pig skin using UV-visible spectroscopy technique. It was found that systems containing rice bran oil, coconut oil, or jojoba oil, 2:1 or 3:1 Span-80:Tween-80, and 1:1 water:propylene glycol could be used for formulation preparation. All chosen formulations were water-in-oil microemulsions with average pH values in the range of 5.26-7.58, Newtonian flow, and low viscosity. Visual appearance after storage under accelerated condition of 5 heating-cooling cycles and under normal condition for 8 weeks was not changed. The absorbance of the wiped makeup, measured at a wavelength of 212 nm, indicated that the microemulsion containing rice bran oil, 2:1 Span-80:Tween-80, and 1:1 water:propylene glycol at 65%, 30%, and 5%, respectively, provided the best makeup cleansing. Therefore, this formula should be interesting for further study.

Keywords: Makeup remover, Waterproof cosmetics, Microemulsion, Plant oil

บทนำ

การใช้เครื่องสำอางแต่งแต้มสีบนใบหน้า นอกจากจะมีผลต่อความสวยงามแล้ว ยังส่งเสริมด้านความมั่นใจอีกด้วย ทำให้เครื่องสำอางกลุ่มนี้ได้รับความนิยมสูง โดยเฉพาะเครื่องสำอางที่มีสมบัติกันน้ำและติดทนบนผิวหนัง เพื่อลดการหลุดออกของเครื่องสำอางในระหว่างวัน อย่างไรก็ตาม หากไม่ได้รับการทำความสะอาดที่เหมาะสม ส่วนประกอบในเครื่องสำอางที่ตกค้างบนผิวหนังอาจอุดตันรูเปิดของต่อมไขมัน ส่งผลให้เกิดสิวซึ่งเรียกว่า “สิวจากเครื่องสำอาง (acne cosmetica)” [1] ได้รับความนิยมใช้เครื่องสำอางที่ติดทนนาน (long-wearing) กันน้ำ (waterproof) และล้างออกยาก (difficult to remove) ส่งผลให้ตลาดของผลิตภัณฑ์ล้างเครื่องสำอาง (cleansing หรือ makeup remover) ในรูปแบบต่างๆ เติบโตอย่างรวดเร็ว [2]

ไมโครอิมัลชัน (microemulsion; ME) เป็นตำรับรูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษาเพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ส่วนประกอบหลักในตำรับไมโครอิมัลชัน คือ วัฏภาคน้ำมัน (oil phase) สารลดแรงตึงผิว (surfactant) และวัฏภาคน้ำ (aqueous phase) ในบางตำรับอาจเติมสารลดแรงตึงผิวร่วม (cosurfactant) และ/หรือตัวทำละลายร่วม (cosolvent) ลงไปผสมด้วย ไมโครอิมัลชันสามารถเกิดขึ้นได้เอง (spontaneous formation) เมื่อระบบประกอบด้วยชนิดและปริมาณของส่วนประกอบที่เหมาะสม ซึ่งอยู่ภายในพื้นที่ไมโครอิมัลชัน (microemulsion region) ของแผนภาพวัฏภาคไตรภาค (ternary phase diagram) หรือแผนภาพวัฏภาคไตรภาคเทียม (pseudoternary phase diagram) โดยเมื่อผสมส่วนประกอบในชนิดและปริมาณที่เหมาะสมเข้าด้วยกันโดยคนผสมธรรมดา (simply mixing) จะได้ตำรับที่เป็นของเหลวใส ดังนั้นไมโครอิมัลชันจึงเป็นตำรับที่เตรียมได้ง่ายและสะดวกในการขยายปริมาณการผลิต รวมถึงมีลักษณะที่ดูน่าใช้ และมีความคงตัวทางอุณหพลวัต (thermodynamic stability) ไมโครอิมัลชันแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ น้ำในน้ำมัน (water-in-oil; w/o) น้ำมันในน้ำ (oil-in-water; o/w) และต่อเนื่องแบบคู่ (bicontinuous) [3,4]

ไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันสามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์ล้างเครื่องสำอางได้ เนื่องจากมีลักษณะเป็นของเหลวที่ดูน่าใช้ มีความคงตัวสูง และมีความสามารถในการละลายสูง โดยละลายได้ทั้งสารที่ชอบน้ำและสารที่ชอบน้ำมัน จึงมีประสิทธิภาพในการทำความสะอาด (cleansing efficacy) ที่ดี วัฏภาคน้ำมันในไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอางอาจเป็นน้ำมันจากการสังเคราะห์หรือน้ำมันจากธรรมชาติ [5,6] การใช้ไขมันจากธรรมชาติหรือน้ำมันพืชในเครื่องสำอางสำหรับผิวพรรณ มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจมากขึ้น เนื่องจากในน้ำมันพืชหลายชนิดมีส่วนประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อผิวพรรณ [7,8] นอกจากนี้ในการพัฒนาสูตรตำรับไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอางควรเลือกใช้สารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุ (non-ionic surfactant) เพราะมีความเสี่ยงในการก่อความระคายเคืองต่อผิวหนังต่ำ [9]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาระบบไมโครอิมัลชันจากน้ำมันพืชร่วมกับสารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุ เพื่อใช้เตรียมตำรับผลิตภัณฑ์ล้างเครื่องสำอาง จากนั้นศึกษาสมบัติและความคงตัวทางกายภาพ รวมถึงความสามารถในการล้างเครื่องสำอางของตำรับที่เตรียมได้

วิธีดำเนินการ

การสร้างแผนภาพวัฏภาคไตรภาคเทียมและการเตรียมตำรับไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอาง

ศึกษาพฤติกรรมวัฏภาค (phase behavior) ของระบบที่มีชนิดและ/หรืออัตราส่วนของส่วนประกอบที่แตกต่างกัน โดยน้ำมันพืชที่นำมาศึกษาเพื่อใช้เป็นวัฏภาคน้ำมัน คือ น้ำมันรำข้าว (rice bran oil; RBO) น้ำมันมะพร้าว (coconut oil; CCO) น้ำมันโจโจบา (jojoba oil; JJO) น้ำมันละหุ่ง (castor oil; CTO) และน้ำมันมะกอก (olive oil; OLO) สารลดแรงตึงผิวที่ศึกษา คือ สเปน-80 (Span-80; S80) หรือของผสมระหว่างสเปน-80 กับทวิน-80 (Span-80:Tween-80 mixtures; S80:T80) ในอัตราส่วน 2:1 และ 3:1 วัฏภาคน้ำที่ศึกษา คือ น้ำ (water; W) หรือของผสมระหว่างน้ำกับโพรพิลีนไกลคอล

(water:propylene glycol; W:PG) ในอัตราส่วน 1:1 หาพื้นที่ไมโครอิมัลชันในแผนภาพวัฏภาคไตรภาคเทียมของระบบต่างๆ ด้วยวิธีไทเทรต (titration) โดยผสมวัฏภาคน้ำมันกับสารลดแรงตึงผิวในอัตราส่วน 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, 4:6, 3:7, 2:8 และ 1:9 ไทเทรตแต่ละของผสมด้วยวัฏภาคน้ำ โดยหลังเติมหรือหยดวัฏภาคน้ำลงไปทุกครั้ง เขย่าแรงๆ เพื่อให้ของผสมทั้งหมดถูกผสมเข้ากันก่อนไทเทรตต่อจนถึงจุดที่ของผสมมีลักษณะขุ่นหรือเริ่มเกิดการแยกชั้น ซึ่งจุดนี้คือจุดสิ้นสุดการเกิดไมโครอิมัลชัน จากนั้นจึงนำปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักของส่วนประกอบต่างๆ ที่ผสมกันแล้วได้เป็นไมโครอิมัลชันไปเขียนกราฟสามเหลี่ยมเพื่อหาพื้นที่ไมโครอิมัลชันบนแผนภาพวัฏภาคไตรภาคเทียม [10] เมื่อได้ผลของการเกิดไมโครอิมัลชันในระบบต่างๆ แล้ว เลือกจุดที่คาดว่าจะเกิดไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันในพื้นที่ไมโครอิมัลชันของระบบที่มีส่วนประกอบต่างกัน เพื่อใช้ในการเตรียมตำรับไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอางจำนวน 5 ตำรับ ซึ่งสามารถเตรียมได้โดยวิธีผสมธรรมดา

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอาง

ศึกษาสมบัติของตำรับที่เตรียมได้ ได้แก่ ลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่า, ชนิดของไมโครอิมัลชันโดยการทดสอบการผสมเข้ากันได้เมื่อหยดน้ำผสมสีที่ละลายน้ำ (water-soluble dye) ลงในตัวอย่าง ซึ่งในการศึกษานี้ใช้น้ำผสมสีเขียวเพื่อเพิ่มความชัดเจนในการสังเกตผล และโดยการวัดค่านำไฟฟ้าของตัวอย่างด้วย conductivity meter (FiveEasy, Mettler Toledo, Switzerland), วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วย pH meter (Ohaus AquaSearcher AB41PH bench meter, Shanghai, China), วัดความหนืดด้วย rheometer (DV-III Ultra, Brookfield Engineering Laboratories Inc., USA) โดยใช้ SC4-31 spindle ซึ่งหมุนด้วยความเร็วรอบ 5 ค่า คือ 50, 100, 150, 200, และ 250 รอบต่อนาที (rpm) และศึกษารูปแบบการไหลด้วยการเขียนกราฟ rheograms ระหว่างความหนืดกับความเร็วยรอบของ spindle

การศึกษาความคงตัวทางกายภาพของไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอาง

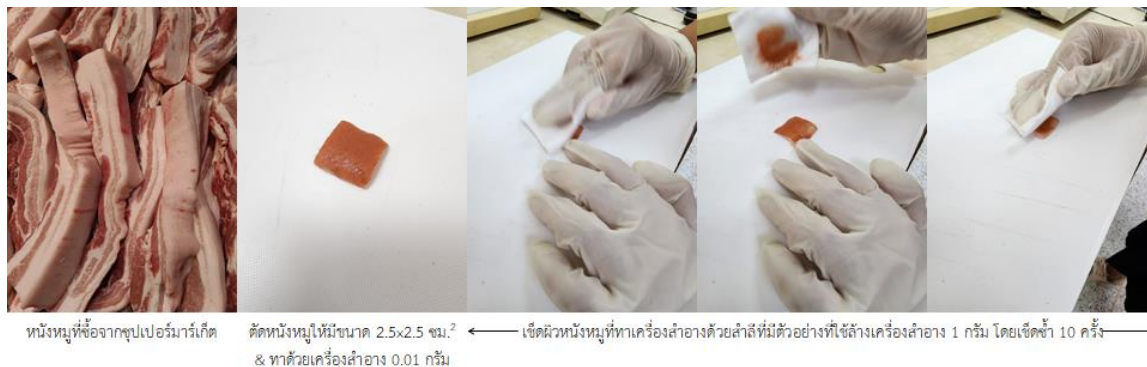
เก็บไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอางในขวดแก้วใสภายใต้ 2 สภาวะ คือ สภาวะเร่งที่อุณหภูมิร้อนเย็นสลับกัน 5 รอบ โดยเก็บในตู้อบที่อุณหภูมิ 45 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน นับเป็น 1 รอบ และภายใต้สภาวะปกติหรือที่อุณหภูมิโดยรอบ (ambient temperature; 27 ± 3 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์ จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงของลักษณะที่มองเห็น เช่น ความใส สี เป็นต้น โดยเปรียบเทียบกับลักษณะเมื่อเริ่มต้น

การศึกษาความสามารถในการล้างเครื่องสำอางของไมโครอิมัลชัน

ศึกษาความสามารถในการล้างเครื่องสำอางของไมโครอิมัลชันที่เตรียมได้ในการศึกษานี้ ด้วยเทคนิคอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี (UV-Vis Spectroscopy) ซึ่งตัดแปลงจากรายงานก่อนหน้า [11,12] โดยใช้เครื่องสำอางกันน้ำสำหรับแต่งแต้มสีบนแก้ม ริมฝีปาก และเปลือกตา ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายทางการค้าเป็นเครื่องสำอางตัวอย่าง ละลายเครื่องสำอางตัวอย่างในเอทานอลร้อยละ 95 (95% ethanol) แล้วนำไปสแกนหาความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้สูงสุด โดยวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ในช่วงความยาวคลื่น 200-400 นาโนเมตร (nm) ด้วย UV-1900i spectrophotometer (Shimadzu, Japan) เมื่อใช้เอทานอลร้อยละ 95 เป็นแบลนด์ (blank)

หาเครื่องสำอางตัวอย่างปริมาณ 0.01 กรัมบนหนังหมูซึ่งซื้อจากซูเปอร์มาร์เก็ตและตัดในขนาดเดียวกันหรือมีพื้นที่เท่ากันทุกครั้งที่การศึกษา คือ มีขนาด 2.5×2.5 เซนติเมตร² ซึ่งไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอางที่เตรียมได้ 5 ตำรับ ละ 1 กรัม แล้วป้ายบนสำลีแบบแผ่นสำเร็จรูป นำไปเช็ดผิวหนังหมูที่ทาเครื่องสำอางตัวอย่างโดยเช็ดซ้ำ 10 ครั้ง ดังรูปที่ 1 จากนั้นนำสำลีที่เช็ดเครื่องสำอางตัวอย่างออกจากหนังหมูไปสกัดเครื่องสำอางตัวอย่างด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 40 มิลลิลิตร โดยใช้แรงสั่นสะเทือนด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (sonicate) นาน 10 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 และปรับ

ปริมาตรให้ครบ 50 มิลลิลิตรด้วยเอทานอลร้อยละ 95 จากนั้นนำของเหลวตัวอย่างที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย UV-1900i spectrophotometer (Shimadzu, Japan) ที่ความยาวคลื่นซึ่งสารละลายเครื่องสำอางตัวอย่างในเอทานอลร้อยละ 95 ดูดกลืนแสงได้สูงสุด และใช้เอทานอลร้อยละ 95 เป็นแบลนด์ (blank) โดยมีข้อตกลงเบื้องต้น (assumption) คือ หนึ่งหมูทุกชิ้นมีลักษณะพื้นผิวที่เหมือนกันซึ่งส่งผลให้เครื่องสำอางตัวอย่างสามารถเกาะติดได้เท่ากัน แรงที่ขีดเครื่องสำอางออกจากผิวหนึ่งหมูเท่ากันทุกครั้ง และค่าการดูดกลืนแสงสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณเครื่องสำอางบนผิวหนึ่งหมูที่ถูกล้างออกด้วยไมโครอิมัลชันที่ศึกษา

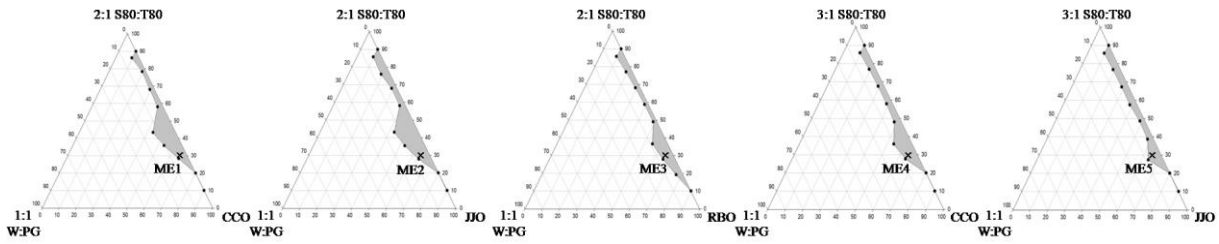


รูปที่ 1 การศึกษาความสามารถในการล้างเครื่องสำอางของไมโครอิมัลชันที่ศึกษาโดยการขีดเครื่องสำอางที่ทาบนหนังหมู

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

สูตรตำรับของไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอาง

จากการศึกษาพฤติกรรมวิทยาพบว่าระบบที่มีน้ำมันพืช คือ RBO, CCO, JJO, CTO หรือ OLO เป็นวัฏภาคน้ำมัน S80 เป็นสารลดแรงตึงผิวและ W เป็นวัฏภาคน้ำ ไม่สามารถทำให้เกิดไมโครอิมัลชัน อาจเนื่องจาก S80 มีค่าสัดส่วนระหว่างส่วนที่ชอบน้ำกับส่วนที่ชอบน้ำมัน (hydrophilic-lipophilic balance; HLB) เท่ากับ 4.3 ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำหรือมีความชอบน้ำมันสูง จึงอาจอยู่ในวัฏภาคน้ำมันมากกว่าที่ผิวประจัน (interface) ระหว่างวัฏภาคน้ำมันกับวัฏภาคน้ำ และน้ำมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (dielectric constant) สูง เมื่อเปลี่ยนสารลดแรงตึงผิวเป็น 2:1 หรือ 3:1 S80:T80 ซึ่งมีค่า HLB เท่ากับ 7.87 และ 6.98 ตามลำดับ และวัฏภาคน้ำเป็น 1:1 W:PG ซึ่งมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกต่ำลง ส่งผลให้สารลดแรงตึงผิวเรียงตัวเป็นฟิล์มที่ผิวประจัน (interfacial film) ซึ่งมีความโค้งตัว (curvature) ดีขึ้น จึงสามารถเกิดไมโครอิมัลชันได้ ผลที่ได้สอดคล้องกับรายงานก่อนหน้าซึ่งพบว่า HLB ของสารลดแรงตึงผิวและ/หรือชนิดของวัฏภาคน้ำ มีผลต่อการเกิดไมโครอิมัลชันในระบบที่มีน้ำมันพืชเป็นวัฏภาคน้ำมัน [6,13,14] อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาพฤติกรรมวิทยาของระบบที่ประกอบด้วยน้ำมันพืชทั้ง 5 ชนิด, 2:1 หรือ 3:1 S80:T80 และ 1:1 W:PG พบว่าพื้นที่ไมโครอิมัลชันมีขนาดเล็กและเกิดไมโครอิมัลชันเมื่อมีสารลดแรงตึงผิวปริมาณสูง จึงเลือกระบบที่สามารถเกิดไมโครอิมัลชันเมื่อมีสารลดแรงตึงผิวปริมาณไม่สูง และเกิดไมโครอิมัลชันได้ที่จุดเดียวกันในพื้นที่ไมโครอิมัลชันซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีส่วนประกอบต่างๆ ในปริมาณที่เท่ากัน จำนวน 5 ระบบ ดังในรูปที่ 2 เพื่อนำไปเตรียมไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอาง 5 ตำรับ ซึ่งทั้ง 5 ตำรับที่เลือกนั้น ประกอบด้วยวัฏภาคน้ำมัน สารลดแรงตึงผิว และวัฏภาคน้ำ ในปริมาณร้อยละ 65, 30, และ 5 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1



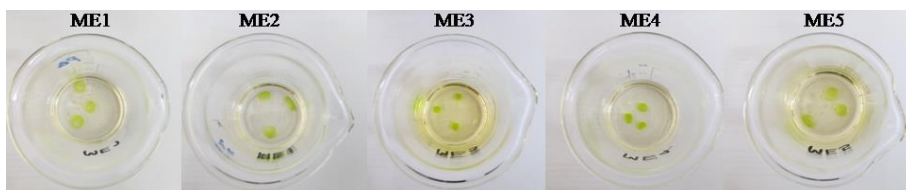
รูปที่ 2 แผนภาพวัฏภาคไตรภาคเทียมของระบบที่เลือกไปศึกษาต่อ โดยบริเวณที่แรเงาแสดงพื้นที่ไมโครอิมัลชันและเครื่องหมาย x แสดงตำแหน่งที่เลือกเพื่อเตรียมตำรับไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอาง

ตารางที่ 1 สูตรตำรับไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอาง

ตำรับ	วัฏภาคน้ำมัน		สารลดแรงตึงผิว		วัฏภาคน้ำ	
	สาร	ปริมาณ (ร้อยละ)	สาร	ปริมาณ (ร้อยละ)	สาร	ปริมาณ (ร้อยละ)
ME1	CCO	65	2:1 S80:T80	30	1:1 W:PG	5
ME2	JJO	65	2:1 S80:T80	30	1:1 W:PG	5
ME3	RBO	65	2:1 S80:T80	30	1:1 W:PG	5
ME4	CCO	65	3:1 S80:T80	30	1:1 W:PG	5
ME5	JJO	65	3:1 S80:T80	30	1:1 W:PG	5

สมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอาง

ไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอางที่เตรียมได้ทั้ง 5 ตำรับ (ME1-ME5) มีลักษณะเป็นของเหลวใสสีเหลืองอ่อน ผลการทดลองหยดน้ำที่ผสมสีลงไปไมโครอิมัลชันพบว่าหยดน้ำและตำรับไม่เข้ากัน (immiscible) ดังรูปที่ 3 ทุกตำรับมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ ดังตารางที่ 2 แสดงว่าวัฏภาคภายนอกของทุกตำรับเป็นวัฏภาคน้ำมันหรือตำรับเป็นไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน ซึ่งสอดคล้องกับอัตราส่วนของส่วนประกอบในตำรับที่ประกอบด้วยวัฏภาคน้ำร้อยละ 5 และวัฏภาคน้ำมันร้อยละ 65

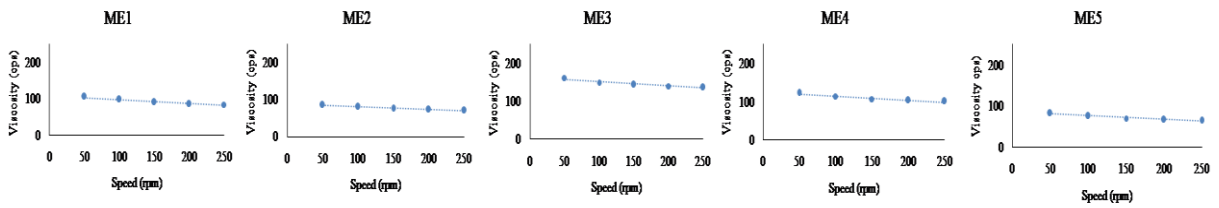


รูปที่ 3 ลักษณะที่เห็นในมุมมองด้านบน (top-view) หลังหยดน้ำที่ผสมสีลงไปในตำรับ ME1-ME5

ค่า pH เฉลี่ยของตำรับที่ศึกษาอยู่ในช่วง 5.26-7.58 ดังตารางที่ 2 ไมโครอิมัลชันทั้ง 5 ตำรับไหลแบบนิวโตเนียนและหนืดต่ำ ดังรูปที่ 4 แสดงว่าทุกตำรับมีความเป็นกรด-ด่างและสมบัติด้านความหนืดที่เหมาะสมสำหรับการใช้เช็ดทำความสะอาดเครื่องสำอางที่ทาบนผิวหนัง นอกจากนี้ พบว่าความหนืดของไมโครอิมัลชันสัมพันธ์กับชนิดของวัฏภาคน้ำมัน เนื่องจากเป็นสมบัติเฉพาะตัว (intrinsic property) ของน้ำมันแต่ละชนิด

ตารางที่ 2 ค่าการนำไฟฟ้าและความเป็นกรด-ด่างของตำรับ ME1-ME5 (n = 3)

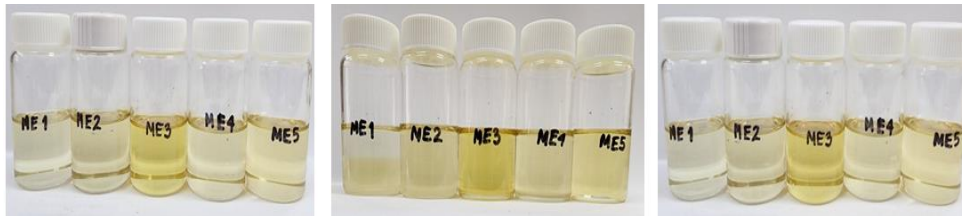
ตำรับ	ME1	ME2	ME3	ME4	ME5
ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0.11±0.01	0.11±0.02	0.18±0.01	0.16±0.01	0.09±0.01
pH	7.18±0.07	5.26±0.06	6.91±0.06	7.58±0.01	6.17±0.05



รูปที่ 4 Rheograms ของตำรับ ME1-ME5

ความคงตัวทางกายภาพของไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอาง

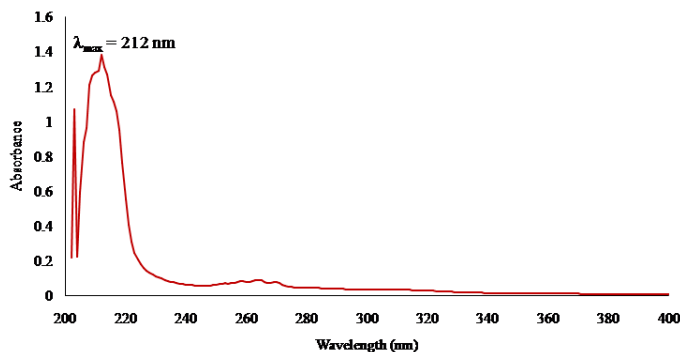
หลังเก็บตำรับภายใต้สภาวะที่ศึกษา พบว่าไมโครอิมัลชันทั้ง 5 ตำรับมีแนวโน้มคงตัวทางกายภาพ โดยหลังเก็บภายใต้สภาวะเร่งที่อุณหภูมิร้อนเย็นสลับกัน 5 รอบ ตำรับ ME2 และ ME5 ไม่พบการแยกชั้น ขณะที่ ME1, ME3 และ ME4 แยกชั้น แต่หลังเขย่าแรงๆ ที่อุณหภูมิโดยรอบ พบว่าสามารถกลับมาเป็นไมโครอิมัลชันได้ ซึ่งการแยกชั้นที่สังเกตเห็นใน ME1, ME3 และ ME4 เป็นผลจากการเป็นไขของ CCO และ RBO ที่อุณหภูมิต่ำ ขณะที่หลังเก็บภายใต้สภาวะปกตินาน 8 สัปดาห์ พบว่าตำรับไมโครอิมัลชันทุกตำรับยังคงสภาพเดิมโดยไม่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงใดๆ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ลักษณะที่มองเห็นของตำรับ ME1-ME5: (ซ้าย) เมื่อเริ่มต้น, (กลาง) หลังเก็บภายใต้สภาวะเร่งที่อุณหภูมิร้อนเย็นสลับกัน 5 รอบ จากนั้นนำมาวางที่อุณหภูมิโดยรอบ, และ (ขวา) หลังเก็บภายใต้สภาวะปกตินาน 8 สัปดาห์

ความสามารถในการล้างเครื่องสำอางของไมโครอิมัลชัน

สารละลายเครื่องสำอางตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้ในเอทานอลร้อยละ 95 ดูดกลืนแสงได้สูงที่สุดที่ความยาวคลื่น 212 นาโนเมตร ดังรูปที่ 6 จึงศึกษาความสามารถในการทำมาสะอาดเครื่องสำอางที่ถูกล้างออกจากผิวหนังหมูโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นนี้



รูปที่ 6 การดูดกลืนแสงของสารละลายเครื่องสำอางตัวอย่างในเอทานอลร้อยละ 95 ในช่วงความยาวคลื่น 200-400 นาโนเมตร

ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าไมโครอิมัลชันที่ศึกษาทุกตำรับสามารถล้างเครื่องสำอางออกจากผิวหนังหมูได้ ส่วนประกอบในตำรับไมโครอิมัลชันที่มีบทบาทสำคัญในการทำมาสะอาดเครื่องสำอาง คือ สารลดแรงตึงผิว เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของสารกลุ่มนี้มีทั้งส่วนหัวที่ชอบน้ำ (hydrophilic head) และส่วนหางที่ชอบน้ำมัน (lipophilic tail) [5,6] ขณะที่วัฏภาคน้ำมันและวัฏภาคน้ำมีบทบาทร่วมในการทำมาสะอาดเครื่องสำอาง เมื่อมีแรงกระทำจากการเช็ดซึ่งทำให้คราบเครื่องสำอางถูกกำจัดออก [6] เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการล้างเครื่องสำอางของไมโครอิมัลชันที่เตรียมได้ 5 ตำรับ โดยเปรียบเทียบ

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 212 นาโนเมตรของเครื่องสำอางที่ถูกเขี่ยออกจากผิวหนังหมูด้วย ME1, ME2 และ ME3 ซึ่งประกอบด้วยวัตถุน้ำมันต่างชนิดกันแต่มีอัตราส่วนของสารลดแรงตึงผิวเหมือนกัน กับค่าดังกล่าวที่เขี่ยด้วย ME1 กับ ME4 และ ME2 กับ ME5 ซึ่งประกอบด้วยอัตราส่วนของสารลดแรงตึงผิวต่างกันแต่มีวัตถุน้ำมันชนิดเดียวกัน พบว่า ชนิดของน้ำมันพืชแสดงผลความแตกต่างชัดกว่าอัตราส่วนของสารลดแรงตึงผิว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะของผสมของสารลดแรงตึงผิวที่อัตราส่วนที่ศึกษา คือ 2:1 S80:T80 และ 3:1 S80:T80 นั้น ค่อนข้างใกล้เคียงกัน จากข้อมูลที่พบในการศึกษานี้ ไมโครอิมัลชันที่มีน้ำมันรำข้าวเป็นวัตถุน้ำมัน (ME3) มีแนวโน้มในการทำความสะอาดเครื่องสำอางได้ดีที่สุด ซึ่งเหตุผลยังไม่แน่ชัด แต่มีความเป็นไปได้ว่าเกี่ยวข้องกับส่วนประกอบหลักที่แตกต่างกันในน้ำมันแต่ละชนิด จากรายงานวิจัยก่อนหน้านี้ น้ำมันรำข้าวประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) เป็นส่วนใหญ่ คือ กรดโอเลอิก (oleic acid) ร้อยละ 41.85 และ กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) ร้อยละ 32.63 ขณะที่น้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) เป็นส่วนใหญ่ คือ กรดลอริก (lauric acid) ร้อยละ 48.36 และกรดไมริสติก (myristic acid) ร้อยละ 18.89 [13] น้ำมันโจโจบาประกอบด้วยแว็กซ์เอสเทอร์ (wax esters) เป็นส่วนใหญ่ [15]

ตารางที่ 3 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 212 นาโนเมตรของเครื่องสำอางที่ถูกเขี่ยออกจากผิวหนังหมูด้วย ME1-ME5 (n = 3)

ตัวอย่างที่ใช้ล้างเครื่องสำอาง	ค่าการดูดกลืนแสง
ME1	0.5549±0.0020
ME2	0.2596±0.0031
ME3	0.6415±0.0079
ME4	0.4564±0.0114
ME5	0.2885±0.0017

ผลจากการศึกษานี้ พบว่าไมโครอิมัลชันที่ประกอบด้วยน้ำมันรำข้าวร้อยละ 65, 2:1 สแปน-80:ทวิน-80 ร้อยละ 30 และ 1:1 น้ำ:โพรพิลีนไกลคอล ร้อยละ 5 มีลักษณะทางกายภาพที่น่าพอใจ มีความคงตัวทางกายภาพภายใต้สภาวะที่ศึกษา และมีแนวโน้มในการทำความสะอาดเครื่องสำอางได้ดี นอกจากนี้ น้ำมันรำข้าวยังได้รับการรายงานถึงประโยชน์ต่อผิวพรรณในแง่ของการทำให้ผิวชุ่มชื้น การชะลอวัย และการปกป้องผิวจากรังสีในแสงแดด [16] ดังนั้น คำรับนี้จึงมีความน่าสนใจในการนำไปศึกษาเพิ่มเติมต่อไป โดยควรจะศึกษาเพิ่มเติมในด้านความคงตัวระยะยาว ความเสี่ยงในการก่อความระคายเคืองผิวหนัง และประสิทธิภาพในการทำความสะอาดเครื่องสำอางประเภทต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์รองพื้นปรับสีผิว ผลิตภัณฑ์แต่งแต้มสีส้น เป็นต้น ซึ่งอาจจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับผลิตภัณฑ์ล้างเครื่องสำอางที่มีจำหน่ายทางการค้า รวมถึงประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัครสุขภาพปกติต่อการใช้ไมโครอิมัลชันล้างเครื่องสำอาง

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษานี้พบว่าไมโครอิมัลชันที่ประกอบด้วยน้ำมันรำข้าว น้ำมันมะพร้าว หรือน้ำมันโจโจบา ในปริมาณร้อยละ 65 เป็นวัตถุน้ำมัน, 2:1 หรือ 3:1 สแปน-80:ทวิน-80 ในปริมาณร้อยละ 30 เป็นสารลดแรงตึงผิว และ 1:1 น้ำ:โพรพิลีนไกลคอล ในปริมาณร้อยละ 5 เป็นวัตถุน้ำ ที่เลือกมาศึกษาทั้ง 5 คำรับ เป็นไมโครอิมัลชันประเภทน้ำในน้ำมันที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลืองอ่อน มีความเป็นกรด-ด่างและความหนืดที่เหมาะสมกับการเขี่ยเพื่อทำความสะอาดเครื่องสำอางกันน้ำออกจากผิวหนัง และมีความคงตัวทางกายภาพภายใต้สภาวะที่ศึกษา รวมถึงมีความสามารถในการทำความสะอาดเครื่องสำอางตัวอย่างที่ทาบนหนังหมู โดยภาพรวม ไมโครอิมัลชันที่ศึกษาทั้ง 5 คำรับมีสมบัติใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม คำรับที่มีความ

นำเสนอใจในการนำไปศึกษาต่อ คือ ไมโครอิมัลชันที่ประกอบด้วยน้ำมันรำข้าว, 2:1 สเปน-80:ทวิน-80 และ 1:1 น้ำ:โพรพิลีนไกลคอล ร้อยละ 65, 30 และ 5 ตามลำดับ เนื่องจากมีความสามารถในการทำความสะอาดเครื่องสำอางตัวอย่างชนิดเดียวกันเมื่อทดสอบด้วยการเช็ดเครื่องสำอางดังกล่าวออกจากผิวหนังหมูได้สูงกว่าตำรับอื่นอีก 4 ตำรับในการศึกษานี้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับบสนับสนุนการวิจัยจากเงินกองทุนวิจัยคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเภทโครงการนักศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2566 (PHA6604015S)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Sajayan J. and Mohan A. (2015). "Acne cosmetica - current burning issue", *Int Ayurvedic Med J.* 3(4), 1195-1198.
- [2] Xing H., Krogmann A.R., Vaught C., and Chambers E.IV. (2019). "Understanding the global sensory landscape for facial cleansing/makeup remover wipes", *Cosmetics.* 6, doi:10.3390/cosmetics6030044.
- [3] Boonme P. (2007). "Applications of microemulsions in cosmetics", *J Cosmet Dermatol.* 6, 223-228.
- [4] Patravale V.B. and Mandawgade, S.D. (2008) "Novel cosmetic delivery systems: an application update", *Int J Cosmet Sci.* 30, 19-33.
- [5] Kim E.J., Kong B.J., Kwon S.S., Jang H.N., and Park S.N. (2014). "Preparation and characterization of w/o microemulsion for removal of oily make-up cosmetics", *Int J Cosmet Sci.* 36, 606-612.
- [6] Pakkang N., Uraki Y., Koda K., Nithitanakul M., and Charoensaeng A. (2018). "Preparation of water-in-oil microemulsion from the mixtures of castor oil and sunflower oil as makeup remover", *J Surfact Deterg.* 21, doi:10.1002/jsde.12189.
- [7] Mank V. and Polonska T. (2016). "Use of natural oils as bioactive ingredients of cosmetic products", *Ukr Food J.* 5(2), 281-289.
- [8] Sarkar R., Podder I., Gokhale N., Jagadeesan S., and Garg V.K. (2017). "Use of vegetable oils in dermatology: an overview", *Int J Dermatol.* 56(11), 1080-1086.
- [9] Li Z. (2020). "Modern mild skin cleansing", *J Cosmet Dermatol Sci Appl.* 10, 85-98.
- [10] ณัฐธิดา ภัคพยัต, ทรงวุฒิ ยศวิมลวัฒน์, และ ประภาพร บุญมี. (2554). "กรีนไมโครอิมัลชันสำหรับเครื่องสำอาง", *วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ.* 6(4), 290-298.
- [11] Charoennit P. and Lourith N. (2012). "Validated UV-spectrophotometric method for the evaluation of the efficacy of makeup remover", *Int J Cosmet Sci.* 34, 190-192.
- [12] Lourith N. and Kanlayavattanakul M. (2020). "Development of para rubber seed oil as the efficient makeup remover", *Braz J Pharm. Sci.* 56, doi:10.1590/s2175-97902019000418029.
- [13] Wuttikul K. and Boonme P. (2016). "Formation of microemulsions for using as cosmeceutical delivery systems: effects of various components and characteristics of some formulations", *Drug Del Transl Res.* 6, 254-262.

- [14] Hlaing N.H.E., Pakpayat N., and Boonme P. (2020). “Stability and release kinetics of natural oil microemulsions containing nicotinamide”, **J Cosmet Sci.** 71, 23-35.
- [15] Gad H.A., Roberts A., Hamzi S.H., Gad H.A., Touiss I., Altyar A.E., Kensara O.A., and Ashour M.L. (2021). “Jojoba oil: an updated comprehensive review on chemistry, pharmaceutical uses, and toxicity”, **Polymers.** 13, doi:10.3390/polym13111711.
- [16] Punia S., Kumar M., Siroha A.K., and Purewal S.S. (2021). “Rice bran oil: emerging trends in extraction, health benefit, and its industrial application”, **Rice Sci.** 28(3), 217-232.

การเตรียมและพิสูจน์เอกลักษณ์ แมกนีเซียมไอร์ออน-เลเยอร์ดับเบิลไฮดรอกไซด์ เป็นตัวดูดซับเพื่อบำบัดน้ำเสียสีย้อมอิรีโอโครมแบลคทีและคองโกเรด

พิชญภัค แสนพล¹ สุภาวดี ขาวเนียม² สุภัตรา แคนใหญ่² วิภาวรรณ ขวัญเมือง² พนิดา สุมานะตระกูล¹ และ ศรชัย อินทะไชย^{1*}

บทคัดย่อ

น้ำเสียเป็นปัญหาวิกฤตต่อเนื่องที่เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนสีย้อม การกำจัดสารเคมีอันตรายจึงเป็นประเด็นวิจัยที่น่าสนใจ งานวิจัยนี้สนใจที่จะกำจัดสีย้อมอิรีโอโครมแบลคทีและคองโกเรดซึ่งมีการใช้งานเป็นอินดิเคเตอร์และสีย้อมในปริมาณมาก โดยมีโครงสร้างโครโมฟอร์เป็นประจุลบ ดังนั้น งานวิจัยนี้ได้สังเคราะห์แมกนีเซียมไอร์ออน-เลเยอร์ดับเบิลไฮดรอกไซด์ (MgFe-LDH) ด้วยวิธีไฮโดรเทอร์มอล เป็นตัวดูดซับ เนื่องจากมีประจุพื้นผิวสุทธิเป็นบวกและสามารถกระจายตัวในน้ำได้ดี จากการทำตัวดูดซับไปพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิค XRD และ FT-IR สามารถยืนยันการเกิด MgFe-LDH ที่มีไอออนลบคาร์บอเนตในช่องว่างนาโน เมื่อนำ 0.50 g MgFe-LDH มาศึกษาการดูดซับสีย้อมอิรีโอโครมแบลคทีและคองโกเรดที่ความเข้มข้น 150 ppm ปริมาตร 100 mL พบว่าให้ประสิทธิภาพการกำจัดเท่ากับ 90 และ 100 % และให้ค่าความสามารถในการดูดซับที่สมดุล เท่ากับ 27 และ 30 mg/g ตามลำดับ ซึ่งบ่งชี้ว่า MgFe-LDH เป็นวัสดุดูดซับที่มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดไอออนลบสีย้อมในน้ำ

คำสำคัญ: อิรีโอโครมแบลคที, คองโกเรด, แมกนีเซียมไอร์ออน-เลเยอร์ดับเบิลไฮดรอกไซด์, การดูดซับ, การบำบัดน้ำเสีย

¹ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹ หลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

¹Department of Chemistry, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210

²Bachelor of Education Program, Faculty of Education, Thaksin University, Songkhla, 90000

* Corresponding Author: E-mail: sonchai.i@tsu.ac.th

Preparation and characterization of magnesium iron-layered double hydroxide as adsorbent for removal of Eriochrome black T and Congo red in wastewater

Phitchayapak Saenplee¹, Supawadee Khaoniam², Supasara Kaeyai², Wipawan Khwanmueang², Panita Sumanatrakul¹ and Sonchai Intachai^{1*}

Abstract

Wastewater is a continuously critical problem which it's seriously impact on living organisms, especially natural water sources contaminated with dyes. Therefore the elimination of hazardous chemicals is an interesting and challenging research. This research is interested in the elimination of eriochrome black T and Congo red dyes, which are used as an indicator and dyeing pigment in large quantities. In this work, magnesium iron-layered double hydroxide (MgFe-LDH) was synthesized by hydrothermal method as the adsorbent because it has a positive-charged surface and swelling property. To characterize, the formation of MgFe-LDH with the carbonate anions in the nanospace was confirmed by XRD and FT-IR. For evaluating the removal efficiency of eriochrome black T and Congo red (150 ppm, 100 mL), 0.50 g of MgFe-LDH exhibited the removal efficiencies of 90 and 100%, and the equilibrium adsorption capacities of 27 and 30 mg/g, respectively, which indicated that MgFe-LDH is a highly efficient adsorbent to remove anionic dyes in water.

Keywords: Eriochrome black T, Congo red, Magnesium iron-layered double hydroxide, Adsorption, Waste water treatment

บทนำ

การเติบโตของอุตสาหกรรมทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ รวมทั้งวิสาหกิจชุมชน ปศุสัตว์ และเกษตรกรรม โดยส่วนใหญ่จะนำมาพร้อมกับปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทั้งคนและสัตว์ โดยเฉพาะมลพิษในน้ำ โดยกิจกรรมที่ใช้สีย้อม (dyeing) เป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ เนื่องจากองค์ประกอบของสีย้อมอันตรายร้ายแรง ดังนั้น จึงต้องมีการพัฒนากระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสีย้อมก่อนทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ [1] กระบวนการดูดซับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีวิธีการที่ง่ายและมีค่าใช้จ่ายน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ เช่น การเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดสารพิษและสีย้อมออกจากน้ำเสีย ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้ในการดูดซับจะต้องมีพื้นที่ผิวมาก สามารถกระจายตัวในน้ำได้ดี และมีประจุพื้นผิวหรือตำแหน่งว่างต่อปฏิกิริยาที่เลือกจำเพาะสูงต่อสารพิษอันตราย [2] นอกจากนี้ น้ำเสียที่มีสีย้อมปนเปื้อนยังก่อปัญหาให้กับระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม เช่น เมื่อมีสีย้อมปนเปื้อนในแหล่งน้ำจำนวนมากจะทำให้แสงไม่สามารถส่องผ่านบริเวณผิวน้ำซึ่งจะส่งผลให้ออกซิเจนในแหล่งน้ำมีปริมาณลดลงแล้วทำให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำบางชนิดไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ และทำให้น้ำมีสีและส่งกลิ่นเน่าเหม็น ดังนั้น น้ำเสียหลังจากการย้อมสีควรมีการบำบัดให้เป็นน้ำสะอาดก่อนทิ้งลงสู่แหล่งน้ำหรือใช้ประโยชน์ต่อไป

อิริโอโครมแบลคที (Eriochrome black T) เป็นสีที่นิยมใช้ย้อมผ้าขนสัตว์ ไนลอน ผ้าไหม และเป็นอินดิเคเตอร์ ซึ่งหากมีการสัมผัสเป็นเวลานานจะทำให้เกิดอันตรายต่อดวงตา เยื่อเมือก และอวัยวะในระบบทางเดินหายใจ อีกทั้งยังเป็นสารก่อกลายพันธุ์และเป็นสารก่อมะเร็ง [3] ส่วนสีย้อมคองโกเรด (Congo red) จัดเป็นสีย้อมที่มีอันตรายร้ายแรงเนื่องจากเป็นสารพิษเรื้อรังที่ก่อให้เกิดมะเร็งได้ [4] ซึ่งสีทั้งสองชนิดเป็นสีย้อมไอออนลบในน้ำ และมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในขณะเดียวกันมักเกิดของเสียปริมาณมากขึ้นเช่นกัน

กระบวนการบำบัดน้ำเสียมีหลากหลายวิธี เช่น กระบวนการชีวภาพ [5] การเติมโอโซน [6] ปฏิกิริยาการเร่งด้วยแสง [7] แต่อย่างไรก็ตาม กระบวนการเหล่านี้มีความซับซ้อนในการใช้งานจริง จึงไม่เหมาะในการนำมาใช้กับแหล่งชุมชนที่มีข้อจำกัดทางด้านองค์ความรู้และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น การดูดซับ (adsorption) เป็นกรรมวิธีหนึ่งที่มีความนิยมอย่างมากในการนำมาใช้กำจัดสารเคมีอินทรีย์สีย้อมในน้ำเสีย เนื่องจากกระบวนการไม่ซับซ้อนและสามารถใช้กำจัดสารเคมีตกค้างในปริมาณมาก ๆ ได้ รวมทั้งต้นทุนไม่สูง [8] แต่อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการดูดซับจะขึ้นกับตัวดูดซับ (adsorbent) และตัวถูกดูดซับ (adsorbate) ดังนั้น แมกนีเซียมไอร์ออน-เลเยอร์ดับเบิลไฮดรอกไซด์ (magnesium iron-layered double hydroxide, MgFe-LDH) ถือเป็นตัวดูดซับอินทรีย์อีกชนิดหนึ่งที่มีความน่าสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีพื้นผิวมาก มีประจุพื้นผิวบวก และมีสมบัติการกระจายตัวในน้ำได้ดี ดังนั้น MgFe-LDH น่าจะให้ประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมอิริโอโครมแบลคทีและคองโกเรดในน้ำเสีย

งานวิจัยนี้ได้เตรียมวัสดุดูดซับชนิด MgFe-LDH ด้วยปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มอล และทำการพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค XRD และ FT-IR และนำไปประยุกต์ใช้บำบัดน้ำเสียสีย้อมอิริโอโครมแบลคทีและคองโกเรดในน้ำ ซึ่งคาดว่าจะ เป็นอีกกรรมวิธีหนึ่งในการกำจัดสีย้อมไอออนลบในน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง

วิธีการวิจัย

อุปกรณ์และวิธีทดลอง

สารเคมีชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ แมกนีเซียมคลอไรด์ เฮกซะไฮเดรต ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) ไอร์ออน(III)ไนเตรด ($Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$) โซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$) สีย้อมอิริโอโครมแบลคที ($C_{20}H_{12}N_3O_7SNa$, รูปที่ 1a) สีย้อมคองโกเรด ($C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$, รูปที่ 1b) โดยสารเคมีทั้งหมดเป็นเกรดมาตรฐานห้องปฏิบัติการ ซึ่งนำมาใช้โดยไม่ผ่านการพิสูจน์เอกลักษณ์ การเตรียมแมกนีเซียมไอร์ออน-เลเยอร์ดับเบิลไฮดรอกไซด์

ชั่งน้ำหนัก $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ จำนวน 6.90 กรัม และ $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ จำนวน 6.10 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ ปรับ pH ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$) เข้มข้น 3 โมลต่อลิตร ปริมาตร 23 มิลลิลิตร ภายใต้การคนสารด้วยแท่งแม่เหล็กอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 30 นาที จากนั้น นำไปทำปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มอล ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง นำตะกอนที่ได้มาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนจำนวนหลายครั้ง จนมี pH = 7 และล้างด้วยเอทานอลอีก 2 ครั้ง นำตะกอนที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จะได้ MgFe-LDH

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ

นำตัวดูดซับ MgFe-LDH จำนวน 0.50 กรัม มาดูดซับสีย้อมอิริโอโครมแบลคทีและคองโกเรด ที่มีความเข้มข้น 150 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ภายใต้การคนสารด้วยแท่งแม่เหล็กอย่างต่อเนื่อง เป็นเวลา 60 นาที โดยเก็บสารที่เวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อครบเวลาให้เก็บสารละลายสีย้อมที่เหลือไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรสโกปี ที่ความยาวคลื่น 544 นาโนเมตร (อิริโอโครมแบลคที) และ 499 นาโนเมตร (คองโกเรด) เพื่อหาความเข้มข้นสีย้อมที่เหลือในเวลาใด ๆ และหาประสิทธิภาพการดูดซับ ดังสมการที่ 1 และค่าความสามารถในการดูดซับที่สมดุล ดัง สมการที่ 2

$$\text{ร้อยละการดูดซับ (\%)} = \left(\frac{C_0 - C_t}{C_0} \right) \times 100 \quad \text{สมการที่ 1}$$

$$\text{ความสามารถในการดูดซับที่สมดุล } (q_e, \text{mg/g}) = \left(\frac{C_0 - C_e}{m} \right) \times V \quad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ C_0 คือ ความเข้มข้นของสีย้อมที่ยังไม่ใส่ตัวดูดซับ (ppm)

C_e คือ ความเข้มข้นของสีย้อมที่สมดุล (ppm)

C_t คือ ความเข้มข้นของสีย้อมที่เวลาใด ๆ (ppm)

q_e คือ ความสามารถในการดูดซับที่สมดุล (mg/g)

V คือ ปริมาณของสีย้อม (L)

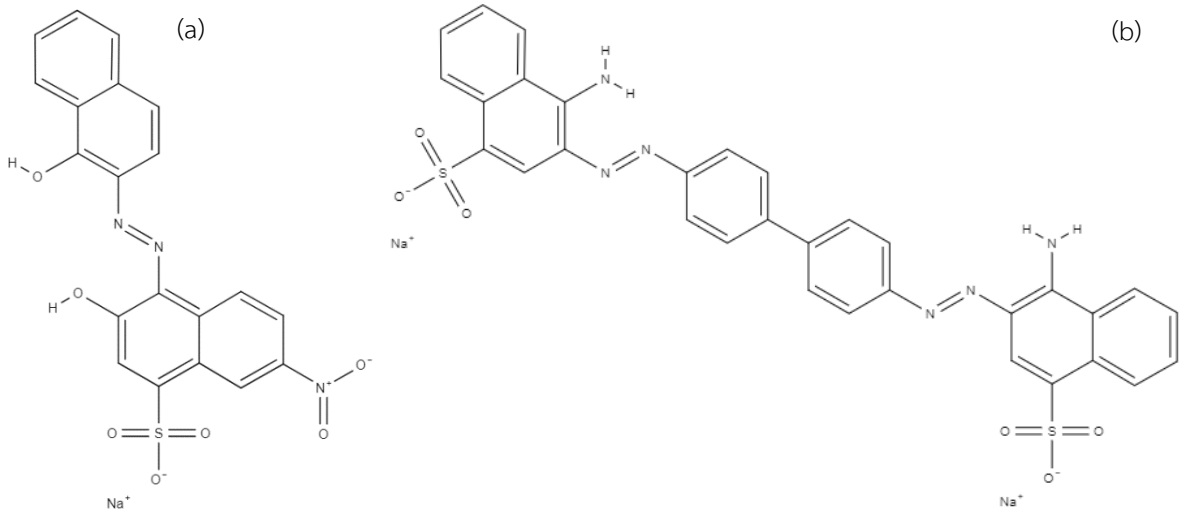
m คือ จำนวนตัวดูดซับ (g)

การพิสูจน์เอกลักษณ์

พิสูจน์เอกลักษณ์ตัวดูดซับ MgFe-LDH ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction, XRD) และการหาหมู่ฟังก์ชันของสารผลิตภัณฑ์จะศึกษาด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (Fourier transform infrared spectroscopy, FT-IR)

ระเบียบวิธีการวิจัย

โครงสร้างของสีย้อม



รูปที่ 1 โครงสร้างของสีย้อมอิริโอโครมแบลคที (a) และโครงสร้างของสีย้อมคองโกเรด (b)

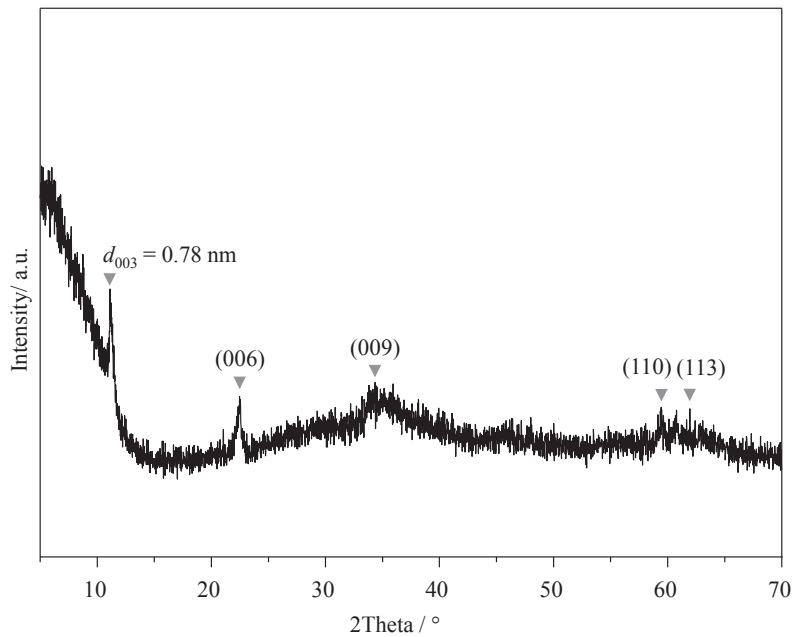
การพิสูจน์เอกลักษณ์ตัวดูดซับ



รูปที่ 2 สีและลักษณะทางกายภาพของ อิริโอโครมแบลคที (a), คองโกเรด (b), MgFe-LDH (c), อิริโอโครมแบลคที@MgFe-LDH (d) และ คองโกเรด@MgFe-LDH (e)

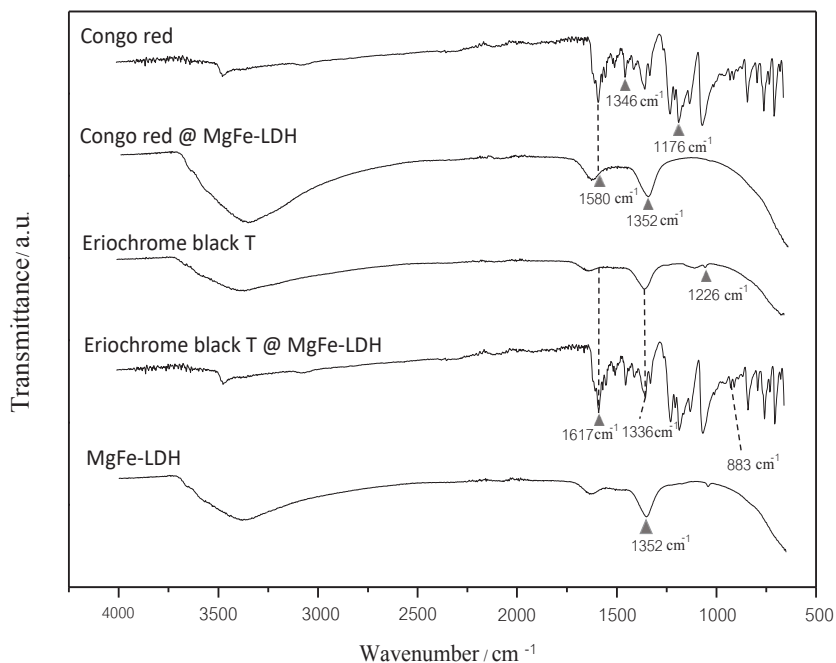
ในการพิจารณาสีของสีย้อมอิริโอโครมแบลคที (รูปที่ 2a) แสดงสีน้ำเงินดำ และสีย้อมคองโกเรด (รูปที่ 2b) แสดงสีแดงสำหรับผง MgFe-LDH (รูปที่ 2c) เป็นผงสีน้ำตาล ซึ่งเป็นผลมาจากเอกลักษณ์เชิงแสง จะเห็นว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีเมื่อนำ MgFe-LDH ไปดูดซับสีย้อมอิริโอโครมแบลคที (รูปที่ 2d) ที่แสดงสีน้ำตาลดำ และสีย้อมคองโกเรด ที่แสดงสีน้ำตาลแดง (รูปที่ 2e) ซึ่งอาจจะอนุมานได้ว่าเกิดการดูดซับที่มีปริมาณสีย้อมที่ดูดซับไว้แตกต่างกัน

เมื่อนำ MgFe-LDH ไปพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) ได้รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ MgFe-LDH

จากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ MgFe-LDH พบว่ามีพีคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ตำแหน่ง $2\theta = 11.30, 22.65, 34.37, 59.43$ และ 61.91° ซึ่งสอดคล้องกับระนาบการเลี้ยวเบนของ (003), (006), (009), (110) และ (113) ตามลำดับ [9] และเมื่อคำนวณหาระยะห่างระหว่างระนาบ (003) ตามสมการของแบรกก์ พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.78 นาโนเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่ใกล้เคียงกับคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) แสดงว่าสามารถเตรียม MgFe-LDH ที่มี CO_3^{2-} อยู่ระหว่างเลเยอร์ได้สำเร็จ [9]

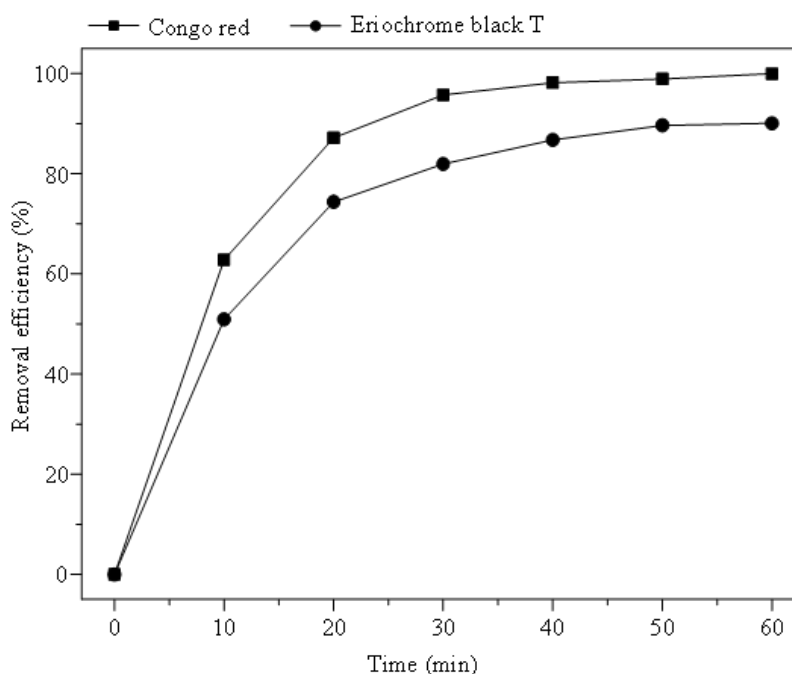


รูปที่ 4 อินฟราเรด สเปกตรัมของสีย้อม ตัวดูดซับและตัวดูดซับในสีย้อม

เมื่อพิจารณาสเปกตรัมอินฟราเรดของ MgFe-LDH (รูปที่ 4) แสดงแบนด์การดูดกลืนที่ต่ำกว่า 1000 cm^{-1} เป็นความถี่เอกลักษณ์ของโครงสร้างของ M—O และ/หรือ M—O—M เมื่อ M คือโลหะ (Mg และ Fe) [10] และแบนด์อินฟราเรดที่ 1352 cm^{-1} เนื่องจากการสั่นของ ซึ่งสอดคล้องกับ XRD [11] และเมื่อพิจารณา MgFe-LDH ที่ดูดซับสีย้อม พบสเปกตรัมการสั่นเอกลักษณ์ของทั้ง MgFe-LDH และ อิริโอโครมแบลคที หรือ คองโกเรด ซึ่งยืนยันการดูดซับ และสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสีของผง MgFe-LDH หลังการดูดซับ

ประสิทธิภาพการดูดซับ

เมื่อนำสารผลิตภัณฑ์ MgFe-LDH มาทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมอิริโอโครมแบลคที โดยใช้น้ำหนักของตัวดูดซับ 0.50 กรัม ในการดูดซับสีย้อมอิริโอโครมแบลคที ความเข้มข้น 150 ppm ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่เวลาต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 5 และตารางที่ 1



รูปที่ 5 ประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อม

เมื่อนำ MgFe-LDH มาทดสอบความสามารถในการดูดซับสีย้อมอิริโอโครมแบลคทีและคองโกเรดในน้ำ พบว่า MgFe-LDH จำนวน 0.50 กรัม สามารถกำจัดสีย้อมความเข้มข้น 150 ppm ปริมาตร 100 mL ได้ 90 และ 100 % ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาสมมูลการดูดซับ ดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่า เมื่อเวลาเริ่มต้นการดูดซับถึง 30 นาที การดูดซับเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับอย่างต่อเนื่องจนถึง 60 นาที การดูดซับเกิดขึ้นค่อนข้างคงที่ ณ เวลา 60 นาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสมมูลการดูดซับเกิดขึ้นที่เวลา 60 นาที โดยคำนวณจากสมการที่ 2 เท่ากับ 27.01 และ 29.99 mg/g เมื่อใช้ตัวดูดซับ 0.50 กรัม จะเห็นได้ว่าการดูดซับสีย้อมอิริโอโครมแบลคทีและคองโกเรด ด้วย MgFe-LDH เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจเป็นเพราะว่า เป็นการดูดซับทางเคมีด้วยแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิต เนื่องจากโครงสร้างสีย้อมที่มีประจุเป็นลบและประจุพื้นผิว MgFe-LDH เป็นบวก [10]

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของการดูดซับสีย้อมในน้ำ โดยใช้ตัวดูดซับ MgFe-LDH

ตัวดูดซับ	น้ำหนักตัวดูดซับ (g)	ประสิทธิภาพการดูดซับ (%)		ความสามารถในการดูดซับ (mg/g)	
		อิริโอโครมแบลคที	คองโกเรด	อิริโอโครมแบลคที	คองโกเรด
MgFe-LDH	0.50	90.05	99.98	27.01	29.99

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมวัสดุตัวดูดซับ MgFe-LDH ได้สำเร็จด้วยวิธีไฮโดรเทอร์มอล จากนั้น สามารถนำไปกำจัดสีย้อมอิริโอโครมแบลคทีและคองโกเรดในน้ำ โดยวิธีการดูดซับ ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์เป็นผงของอิริโอโครมแบลคที@MgFe-LDH และคองโกเรด@MgFe-LDH ซึ่งจากการทดสอบความสามารถในการดูดซับสีย้อมอิริโอโครมแบลคทีและคองโกเรดในน้ำได้จริง จะเห็นได้ว่า MgFe-LDH สามารถให้ประสิทธิภาพการดูดซับได้สูงมาก นั่นแสดงว่า MgFe-LDH สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดซับสารเคมีอันตรายที่มีประจุลบในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ โดยมหาวิทยาลัยทักษิณ และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ และยังได้รับการสนับสนุนเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์จากสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

อ้างอิง

- [1] ยัวร์ตัน เงินเย็น, ฉันทกร ปาทวาท, เกศรา ศลาเกษ และ สมชาย ชวนอุดม. (2558). การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูจากสารละลาย โดยถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากลูกยางนา, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี* 8(2), 119-132.
- [2] วิงรุ่งรอง แสงอรุณเลิศ. (2559). การดูดซับสีย้อมผ้าด้วยถ่านกัมมันต์จากเปลือกไข่และเปลือกหอยแครงโดยวิธีกระตุ้นทางเคมี, *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก* 44(3), 419-439.
- [3] ทิพย์วิมล สุขวานิชย์เจริญ และ อำนาจ เพิ่มทรัพย์สกุล. (2562, 31 มีนาคม). การดูดซับสีย้อมรีแอคทีฟแพล็ค 5 โดยใช้ตัวดูดซับแมกนีเซียม-อะลูมิเนียม เลเยอร์ดับเบิลไฮดรอกไซด์ที่ปรับปรุงด้วยสารลดแรงตึงผิวโซเดียมโดเดซิลซัลเฟต, การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่2, มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่, ประเทศไทย
- [4] รวีริภา ศรีมูล. (2558). การบำบัดสีย้อมในน้ำเสียด้วยกระบวนการดูดซับ, *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครสวรรค์* 7(7), 252-310.
- [5] จันท์ทิพย์ ทรงฤทธิ์ และ ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์. (2557, 28 มีนาคม). ผลของการเติมกลุ่มหัวเชื่อมจูลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย, การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัย ครั้งที่ 15, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ประเทศไทย

- [6] จันทร์อนงค์ ฉายเหลี่ยม, วัชรวดี ลิ้มสกุล และ ภัทรธร เอื้อกฤดาธิการ. (2559). การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลด้วยกระบวนการโอโซนชั้นเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่, การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, ประเทศไทย
- [7] Wu, P., Wu, T., He, W., Sun, L., Li, Y. & Sun, D. (2013). Adsorption properties of dodecylsulfate-intercalated layered doublehydroxide for various dyes in water, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 436, 726-731.
- [8] อติศักดิ์ จตุรพิริย์, ตฤณ ปฐมนิธิภิญโญ, เอกราชันย์ ไชยชนะ และ ธัญญา เสาวภาคย์. (2564). การดูดซับสีย้อมเมทิลีน-บลูบนถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากกากน้ำตาลโดยวิธีการกระตุ้นด้วยสารเคมีและไม่โครเวฟ, *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, 15(1), 167-178.
- [9] Chitrakar, R., Tezuka, S., Hosokawa, J., Makita, Y., Sonoda, A., Ooi, K., & Hirotsu, T. (2010). Uptake properties of phosphate on a novel Zr-modified MgFe-LDH (CO₃), *Journal of colloid and interface science* 349(1), 314-320. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2010.05.068>.
- [10] Intasa-ard, S., Bureekaew, S., & Ogawa, M. (2019). Efficient production of MgAl layered double hydroxide nanopartical, *J. Ceram. Soc. Jpn*, 127(1), 11-17.

สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอตจากน้ำมันปาล์มใช้แล้วโดยใช้ เชื้อ *Enterobacter.sp*

บุษยรัตน์ เพชรเพ็ง¹ บุครี หมุดตาเหล็ก นิษา ไพจิตร² และกนกพร สังข์รักษ์^{2*}

บทคัดย่อ

พอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต (PHAs) เป็นสารพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติของเทอร์โมพลาสติก สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยไม่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม สามารถสร้างขึ้นจากแหล่งทรัพยากรหมุนเวียนตามธรรมชาติโดยจุลินทรีย์ซึ่งสะสมไว้เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงาน โดยการผลิต PHAs ของเซลล์แบคทีเรีย เป็นกระบวนการทางชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในเซลล์แบคทีเรีย จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการที่จะส่งผลต่อชนิด คุณสมบัติ และปริมาณของ PHAs ที่ผลิตได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอตจากเชื้อ *Enterobacter.sp* สายพันธุ์ TS3 โดยใช้ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้แล้วเป็นแหล่งคาร์บอน โดยการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต ได้แก่ ปริมาณแหล่งคาร์บอน เวลา อุณหภูมิ และกระบวนการหมัก พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิต PHAs คือการใช้แหล่งคาร์บอนที่ร้อยละ 0.200 ปริมาตรต่อปริมาตร และบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ภายใต้กระบวนการหมักแบบกะ (Batch fermentation) ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจุลินทรีย์จะได้เซลล์จุลินทรีย์ 1.85 g/L และพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอตร้อยละ 44.26 น้ำหนักต่อน้ำหนักเซลล์แห้ง หลังจาก 48 ชั่วโมงของการเพาะเลี้ยง

คำสำคัญ : พอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต เอนเทอโรแบคเตอร์ น้ำมันปาล์มที่ใช้แล้ว

¹ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

² รศ.ดร., สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹ Ph.D. Student, Biotechnology Program, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

² Assoc. Dr., Department of Chemistry, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

*Corresponding authors: Tel.: 074-609600 ext. 2355. E-mail: skanokphorn@yahoo.com

Optimum conditions for the production of polyhydroxyalkanoate from used palm oil by *Enterobacter* sp.

Boossayarat Pethpeng¹, Bookree Mudtaleb Nisa Phaichit² and Kanokphorn Sangkharak^{2*}

Abstract

Polyhydroxyalkanoates (PHAs) are thermoplastic polymers. It is biodegradable with no negative impact on the environment. It can be generated from a naturally renewable resource by microorganisms which accumulates as a source of carbon and energy by producing bacterial cell PHAs. It is a biological process that occurs inside the bacterial cell. Several factors have to be considered that will affect the type, properties and quantity of PHAs produced. Therefore, in this current study aimed to determine the production of PHAs by *Enterobacter* sp. strain TS3 using waste palm oil as carbon source. The optimum conditions for polyhydroxyalkanoate production were investigated, including the amount of carbon source, time, temperature and fermentation strategy. It was found that the optimum conditions for PHA production containing used palm oil at 0.2 % v/v and incubated at 37 °C under a batch fermentation process. The highest biomass at 1.85 g/L with PHAs production at 44.26 % cell dry mass (CDM) after 48 h of cultivation.

Keywords: Polyhydroxyalkanoates, *Enterobacter*, Waste Cooking Oil

บทนำ

ปัจจุบันพลาสติกได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ส่งผลให้ปัจจุบันปัญหาขยะพลาสติกกลายเป็นปัญหามลพิษที่สำคัญ เนื่องจากปริมาณการใช้งานที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดขยะพลาสติกในปริมาณมากขึ้นตามไปด้วย และเนื่องจากพลาสติกเป็นสารที่คงทนต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ทำให้การสลายตัวโดยธรรมชาติเกิดขึ้นได้ช้ามาก (Mueller, 2006) ซึ่งการย่อยสลายพลาสติกนั้นต้องใช้เวลามากกว่า 100 ปี ทำให้เกิดการสะสมของขยะพลาสติก และส่งผลกระทบต่อ การเสื่อมโทรมของคุณภาพดินและการเสื่อมคุณภาพของน้ำ นอกจากนี้การเผาทำลายพลาสติกยังก่อให้เกิดก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซพิษอื่น ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนอีกด้วย (Gajendiran et al, 2016) ด้วยเหตุนี้ทำให้ ปัจจุบันมีการค้นคว้าและพัฒนาวัสดุชนิดใหม่ ๆ เพื่อลดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้พลาสติก โดยมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับ พลาสติกสังเคราะห์ จากปิโตรเคมีและใช้งานในด้านต่าง ๆ ได้ดี แต่ขณะเดียวกันก็สามารถย่อยสลายง่ายและรวดเร็วกว่า และ หนึ่งในวัสดุที่กำลังได้รับความสนใจนั่นก็คือ พอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต (polyhydroxyalkanoates, PHAs) ซึ่งเป็นพลาสติก ชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้ ตามธรรมชาติ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

พอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต หรือ PHAs เป็นสารพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติของเทอร์โมพลาสติก สามารถย่อยสลายได้ ทางชีวภาพโดยไม่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย และมีแนวโน้มที่จะนำมาใช้ทดแทน พลาสติกสังเคราะห์ได้ สามารถสร้างขึ้นจากแหล่งทรัพยากรหมุนเวียนตามธรรมชาติโดยจุลินทรีย์ซึ่งสะสมไว้เป็นแหล่งคาร์บอน และพลังงาน (Kedia et al, 2014) ภายใต้สภาวะที่จำกัดสารอาหารบางอย่าง เช่น ไนโตรเจน หรือ ฟอสฟอรัส แต่มีปริมาณ คาร์บอนมากเกินไป โดยจุลินทรีย์ที่สามารถสังเคราะห์ PHAs ได้จะมีเอนไซม์สำคัญ คือ พีเอชเอซินเทส ซึ่งจะสังเคราะห์ผ่าน วิถีเมแทบอลิซึมที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์และแหล่งคาร์บอนที่ใช้ ดังนั้น PHAs ที่สังเคราะห์ได้จึงมีโครงสร้าง หลากหลายและมีปริมาณแตกต่างกัน (Tan et al, 2014) โดยการผลิต PHAs ของเซลล์แบคทีเรีย เป็นกระบวนการทางชีวภาพ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์แบคทีเรีย จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการที่จะส่งผลต่อชนิด คุณสมบัติ และปริมาณของ PHAs ที่ผลิต ได้ เนื่องจากมีกลไกการสังเคราะห์ที่ซับซ้อนและสามารถเปลี่ยนแปลงตามสภาวะแวดล้อม โดยเฉพาะสภาวะที่ใช้ในการเลี้ยง ใต้แก่ แหล่งสารอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ปริมาณของจุลินทรีย์และแหล่งสารอาหารที่ใช้ อุณหภูมิ ระยะเวลาการเพาะเลี้ยง ความเร็วในการกวน ตลอดจนวิธีการเติมแหล่งอาหารให้แก่จุลินทรีย์

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอตจากเชื้อ *Enterobacter* sp. สายพันธุ์ TS3 โดยใช้น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้แล้วเป็นแหล่งคาร์บอน โดยการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต ได้แก่ ปริมาณแหล่งคาร์บอน เวลา อุณหภูมิ และกระบวนการหมัก

วิธีการวิจัย

การศึกษาคุณลักษณะของน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้ว

นำน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้วได้รับการอนุเคราะห์จากร้านไก่ทอด ในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง ไปทดสอบความชื้น และดูหมู่ฟังก์ชัน โดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR) ในช่วงความยาวคลื่น $3800-800\text{ cm}^{-1}$

การศึกษาปริมาณแหล่งคาร์บอนและเวลาที่เหมาะสมในการผลิตพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต

ถ่ายเชื้อ *Enterobacter* sp. สายพันธุ์ TS3 อัตราส่วนร้อยละ 10 ปริมาตรต่อปริมาตร ลงในอาหาร Nutrient Broth (NB) ที่ประกอบด้วย Yeast extract 1.5 กรัมต่อลิตร Peptone 2.5 กรัมต่อลิตรและน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร

ปริมาตร 100 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมน้ำมันใช้แล้วโดยกำหนดอัตราส่วนน้ำมันใช้แล้วร้อยละ 0.025, 0.100, 0.125, 0.175, 0.200, 0.300 ปริมาตรต่อปริมาตร จากนั้นทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส อัตราการเขย่า 150 รอบต่อนาที และเก็บตัวอย่างทุก ๆ 12 ชั่วโมง จนครบ 48 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนเซลล์ นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักตัวอย่างเซลล์แห้งที่ได้ จากนั้นนำตัวอย่างเซลล์แห้งไปสกัด PHAs ต่อไป

การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตโพลีไฮดรอกซีอัลคาโนเอต

ถ่ายเชื้อ *Enterobacter* sp. อัตราส่วนร้อยละ 10 ปริมาตรต่อปริมาตร ลงในอาหาร NB ปริมาตร 100 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมน้ำมันใช้แล้วตามอัตราส่วนร้อยละ 0.200 จากนั้นทำการบ่มโดยกำหนดอุณหภูมิที่แตกต่างกัน คืออุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) และ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่อัตราการเขย่า 150 รอบต่อนาที และเก็บตัวอย่างทุก ๆ 12 ชั่วโมง จนครบ 48 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างที่เก็บได้ในแต่ละเวลาปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนเซลล์ นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักตัวอย่างเซลล์แห้งที่ได้ จากนั้นนำตัวอย่างเซลล์แห้งไปสกัด PHAs

การศึกษาวิธีการเติมแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตโพลีไฮดรอกซีอัลคาโนเอต

ถ่ายเชื้อ *Enterobacter* sp. อัตราส่วนร้อยละ 10 ปริมาตรต่อปริมาตร ลงในอาหาร NB ปริมาตร 100 มิลลิลิตร หลังจากนั้นทำการบ่มโดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมจากการทดลองก่อนหน้า เขย่าที่ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นทำการเติมน้ำมันใช้แล้วโดยใช้อัตราส่วนร้อยละ 0.200 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และเก็บตัวอย่างทุก ๆ 12 ชั่วโมง จนครบ 48 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างที่เก็บได้ในแต่ละเวลาปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนเซลล์ นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักตัวอย่างเซลล์แห้งที่ได้ จากนั้นนำตัวอย่างเซลล์แห้งไปสกัด PHAs

การสกัดโพลีไฮดรอกซีอัลคาโนเอตจากตัวอย่างเซลล์แห้ง

นำตัวอย่างเซลล์แห้งที่ได้ เติมโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตรต่อปริมาตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้เข้ากัน และบ่มตัวอย่างที่ 37 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง 150 รอบต่อนาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงแยกเอาเฉพาะส่วนตะกอนมาล้างด้วยอะซิโตน และ น้ำกลั่น ตามลำดับ จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงอีกครั้งและนำส่วนตะกอนมาเติมคลอโรฟอร์ม และทำการปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกเอาส่วนของคลอโรฟอร์ม ทำการอบเพื่อระเหยคลอโรฟอร์มที่ 80 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนัก PHAs ที่ได้ เพื่อคำนวณปริมาณ PHAs และร้อยละ PHAs ที่ผลิตได้ ดังสมการ

$$\text{ร้อยละ PHAs (\% CDM)} = (\text{ปริมาณของ PHAs} / \text{ปริมาณเซลล์แห้ง}) \times 100$$

การวิเคราะห์ทางสถิติ

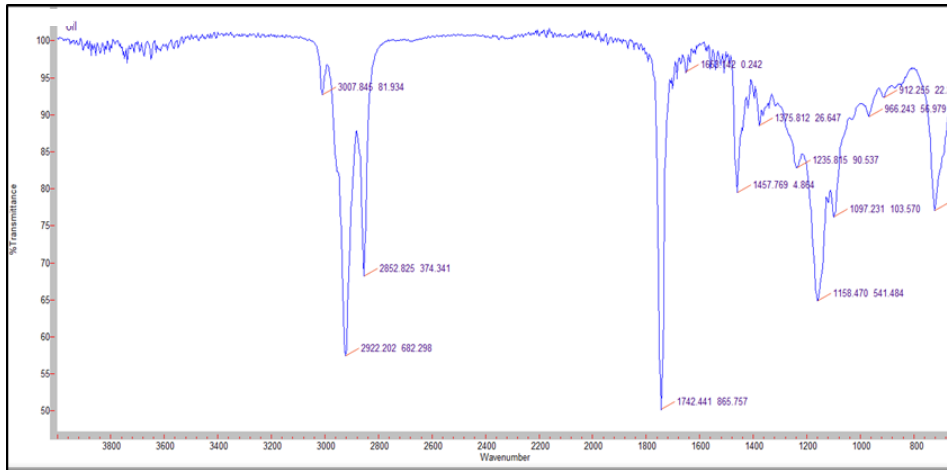
การทดลองทั้งหมดทำซ้ำ 3 ครั้ง การศึกษานี้ใช้การออกแบบการทดลองแบบสุ่มตลอดการทดลองโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูล (ANOVA) และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้การทดสอบหลายช่วงของ Duncan และการวิเคราะห์เชิงสถิติโดยใช้ SPSS

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. คุณสมบัติของน้ำมันปาล์มใช้แล้ว

จากการศึกษาคุณลักษณะของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้แล้ว ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาก่อนการขึ้นในน้ำมันที่ผ่านการใช้โดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR) เพื่อดูความขึ้นในน้ำมันใช้แล้ว พบว่าไม่มีความขึ้นในน้ำมัน เนื่องจากสเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์ไม่ปรากฏแถบการยืดและการงอของหมู่ -OH ที่ความยาวคลื่น 2400 - 3400 cm^{-1} (ภาพที่ 1) ซึ่งแสดงการมีอยู่ของโมเลกุลน้ำในน้ำมันใช้แล้ว และยังปรากฏสัญญาณที่เด่นชัดได้แก่ที่ความยาวคลื่น 3007

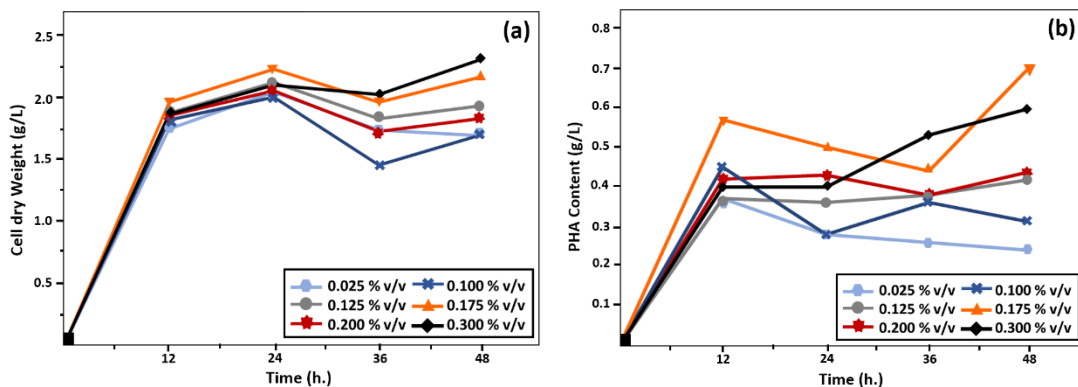
cm^{-1} ซึ่งเป็นสัญญาณการยืดของโพลิฟีนีลคาร์บอน คือการมีพันธะคู่ $\text{C}=\text{C}$ ในโมเลกุลของสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นโครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นกลุ่มของไขมันที่ได้จากพืช และสัญญาณเด่นชัดที่ความยาวคลื่น 2922 cm^{-1} ซึ่งเป็นสัญญาณการมีอยู่ของ $\text{C}-\text{C}$ จำนวนมากในโครงสร้างของกรดไขมัน และสุดท้ายคือสัญญาณที่ 1742 cm^{-1} ซึ่งเป็นสัญญาณที่แสดงการมีอยู่ของหมู่คาร์บอกซิลิกในโครงสร้าง แสดงให้เห็นว่าลักษณะสเปกตรัมที่ได้ยังมีความใกล้เคียงกับน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ดังนั้นจึงมีเหมาะสมต่อการใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต

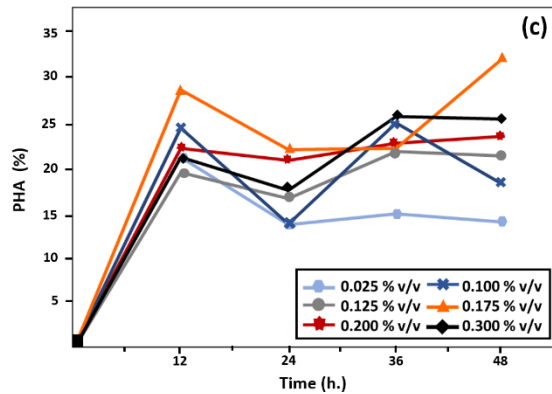


ภาพที่ 1 อินฟราเรดสเปกตรัมของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้แล้ว

2. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอตจากน้ำมันปาล์มใช้แล้ว

สำหรับการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต จากเชื้อ *Enterobacter* sp. โดยใช้ไขมันปาล์มที่ผ่านการใช้แล้วเป็นแหล่งคาร์บอน โดยทำการศึกษาปริมาณแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสม เวลาที่เหมาะสม อุณหภูมิที่เหมาะสม ตลอดจนวิธีการเติมแหล่งคาร์บอนแก่จุลินทรีย์ พบว่า สำหรับการศึกษ ปริมาณแหล่งคาร์บอนที่ใช้และเวลาที่ เหมาะสม โดยกำหนดอัตราส่วนแหล่งคาร์บอนที่ใช้คือร้อยละ 0.025, 0.100, 0.125, 0.175, 0.200 และ 0.300 ปริมาตรต่อ ปริมาตร และทำการเก็บตัวอย่าง ทุกๆ 12 ชั่วโมง จนครบ 48 ชั่วโมง พบว่า ที่เวลา 48 ชั่วโมง อัตราส่วนน้ำมันร้อยละ 0.300 ให้ปริมาณเซลล์แห้งมากที่สุด ในขณะที่เดียวกันพบว่า ที่เวลา 48 ชั่วโมง อัตราส่วนน้ำมันที่ร้อยละ 0.200 ให้ผลผลิต PHAs และ ร้อยละ PHAs มากที่สุด คือ 0.71 g/L และ 32.27% CDM ตามลำดับ (ภาพที่ 2) โดยลักษณะของพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอตที่ ผลิตได้โดยใช้เชื้อแบคทีเรีย *Enterobacter* sp. สามารถผลิต PHAs ที่มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวขุ่น

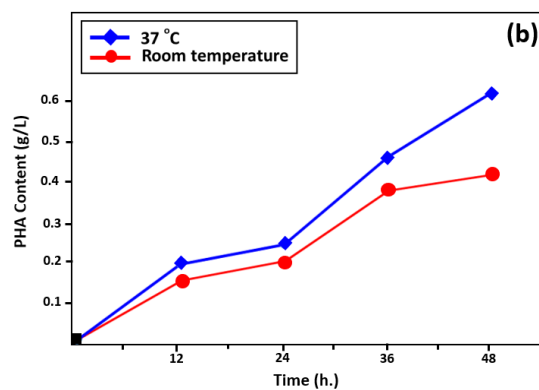
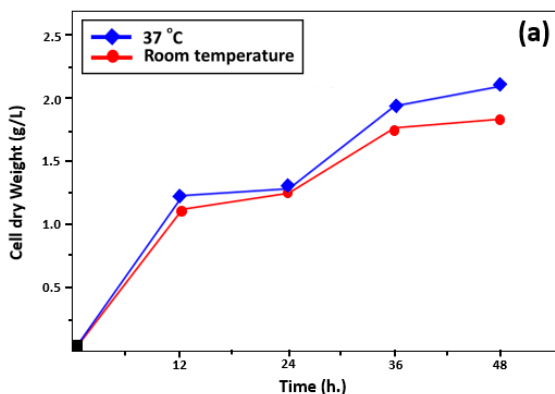


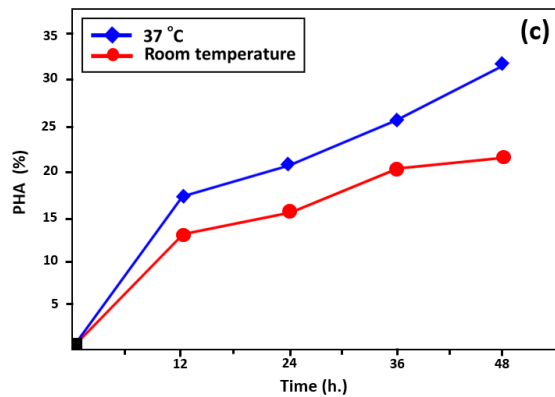


ภาพที่ 2 ผลของปริมาณแหล่งคาร์บอนที่ต่างกันต่อการเพิ่มขึ้นของ (a) ปริมาณเซลล์แห้ง (g/L), (b) ปริมาณ PHAs (g/L) และ (c) ร้อยละการสะสม PHAs (% CDM)

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณเซลล์แห้งพบว่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่ 12 ชั่วโมงแรก และสังเกตได้ว่าที่ 12 ชั่วโมงแรก การเพิ่มขึ้นของ PHAs มีอัตราการเพิ่มขึ้นน้อยกว่าปริมาณเซลล์แห้ง โดย PHAs จะเพิ่มขึ้นเมื่อเซลล์เข้าสู่สภาวะ Stationary phase จึงช่วยยืนยันได้ว่า PHAs เป็นการผลิตแบบ Growth-associated เมื่อพิจารณาชุดที่เติมแหล่งคาร์บอนร้อยละ 0.200 พบว่าให้การเจริญเติบโตและการสะสม PHAs ได้ดีที่สุดในเวลา 48 ชั่วโมง ซึ่งดีกว่าชุดที่เติมแหล่งคาร์บอนร้อยละ 0.300 เนื่องจากพบว่าการเติมแหล่งคาร์บอนที่เป็นกรดไขมันในปริมาณที่มากเกินไปอาจส่งผลให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์ และมีการยับยั้งสับสเตรทในระหว่างกระบวนการสร้าง PHAs ของเซลล์ (Kemavongse et al, 2007) ดังนั้นสำหรับงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ปริมาณแหล่งคาร์บอนร้อยละ 0.200 สำหรับใช้เป็นสภาวะในการทดลองต่อไป

สำหรับการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมนั้นในการผลิต PHAs ด้วยน้ำมันปาล์มใช้แล้วความเข้มข้นร้อยละ 0.200 โดยใช้เชื้อ *Enterobacter* sp. และบ่มภายใต้อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) และ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่าเชื้อ *Enterobacter* sp. สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะดังกล่าว และพบว่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเซลล์แห้งมากกว่าในทุก ๆ ช่วงเวลา และเมื่อพิจารณาแนวโน้มของน้ำหนักเซลล์แห้ง และผลผลิต PHAs พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในทุก ๆ 12 ชั่วโมง จนกระทั่งครบ 48 ชั่วโมง พบว่า มีปริมาณเซลล์แห้งสูงที่สุดคือ 1.85 g/L สามารถสะสม PHAs ได้สูงสุด คือ 0.42 g/L ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 44.26 % CDM ของน้ำหนักเซลล์แห้ง (ภาพที่ 3)

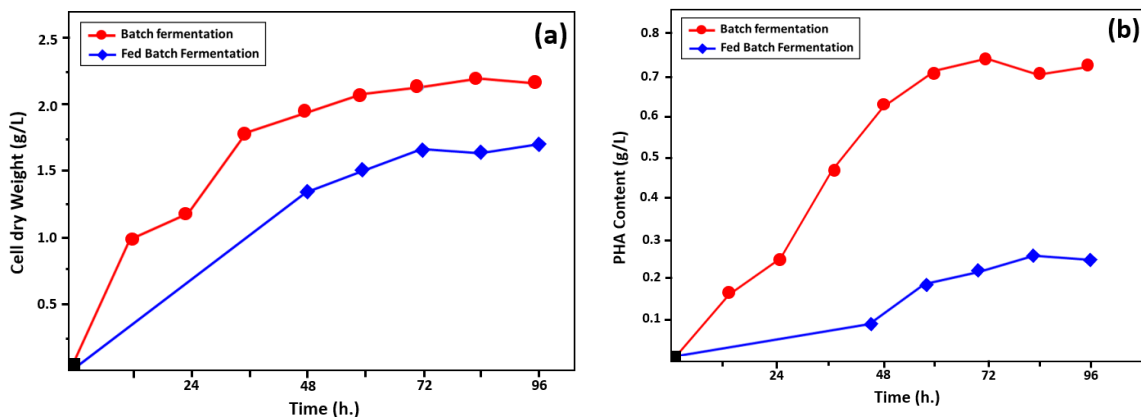


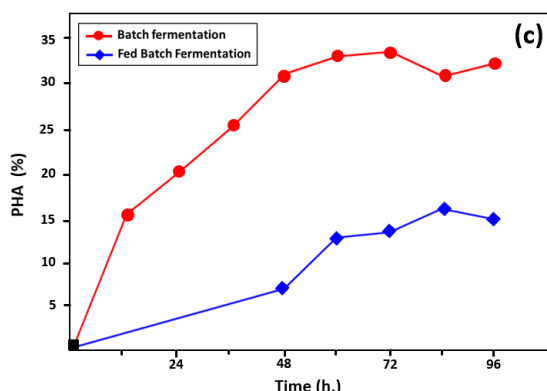


ภาพที่ 3 ผลอุณหภูมิที่ต่างกันต่อการเพิ่มขึ้นของ (a) ปริมาณเซลล์แห้ง (g/L), (b) ปริมาณ PHAs (g/L) และ (c) ร้อยละการสะสม PHAs (%)

จากภาพแสดงให้เห็นถึงผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมพบว่า ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ให้ประสิทธิภาพการผลิต PHAs ได้ดีกว่าอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เนื่องจาก *Enterobacter* sp. สายพันธุ์ TS3 เป็นสายพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีในเขตที่มีอากาศร้อนชื้น ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต และการทำงานของกลไกเมทาบอลิซึมต่าง ๆ จึงอยู่ที่ประมาณ 35-37 องศาเซลเซียส (Rakkan et al, 2022) จึงทำให้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสแสดงศักยภาพที่ดีกว่านั่นเอง

สุดท้ายเป็นการศึกษาประสิทธิภาพการผลิต PHAs โดยใช้รูปแบบการหมักแบบกะ และ แบบกึ่งกะ โดยการเติมน้ำมันพืชหลังจากบ่มเชื้อแบคทีเรียเพื่อให้เชื้อเจริญเติบโตในอาหารโดยไม่เติมแหล่งคาร์บอนเสริม (น้ำมันใช้แล้ว) จนครบ 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการเติมน้ำมันใช้แล้วอัตราส่วนร้อยละ 0.200 และทำการเก็บตัวอย่างทุก ๆ 12 ชั่วโมงหลังการเติมน้ำมันจนครบ 48 ชั่วโมง พบว่าการเลี้ยงแบบกึ่งกะให้เซลล์แห้งและ PHAs น้อยกว่าการเลี้ยงแบบกะ โดยที่เวลา 48 ชั่วโมงของการเลี้ยงแบบกึ่งกะ ได้เซลล์แห้งมากที่สุดเท่ากับ 1.35 g/L รองลงมาคือที่เวลา 24, 36 และ 12 ชั่วโมง ได้น้ำหนักเซลล์แห้งเท่ากับ 1.22, 1.20 และ 1.85 g/L ตามลำดับ ในส่วนของร้อยละผลผลิต PHAs ได้พบว่าที่ 36 ชั่วโมง สามารถผลิต PHAs ได้มากที่สุดคือ ร้อยละ 44.26 รองลงมาคือที่เวลา 48, 24 และ 12 ชั่วโมง สามารถผลิต PHAs ได้ร้อยละ 10.37, 10.66 และ 5.22 ตามลำดับ (ภาพที่ 4)





ภาพที่ 4 ผลของการเติมแหล่งคาร์บอนแบบกะ และแบบกึ่งกะ ต่อการเพิ่มขึ้นของ (a) ปริมาณเซลล์แห้ง (g/L), (b) ปริมาณ PHAs (g/L) และ (c) ร้อยละการสะสม PHAs (%)

สำหรับวิธีการเติมแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาทั้งน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณ PHAs และร้อยละการสะสม PHAs นั้น พบว่าชุดที่เติมแหล่งคาร์บอนแบบเติมกะ (Batch fermentation) สามารถให้ผลผลิตดีกว่าอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากการเติมแหล่งคาร์บอนแบบกึ่งกะโดยการปล่อยให้จุลินทรีย์เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อปกติที่ไม่มีการจำกัดไนโตรเจน และค่อยเติมแหล่งคาร์บอนหลังจากผ่านไป 48 ชั่วโมง พบว่ามีการสะสม PHAs ได้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นจนครบ 96 ชั่วโมง ซึ่งต่างจากงานวิจัยของ (Singh et al, 2021) ที่รายงานว่าการผลิต PHAs โดยเติมแหล่งคาร์บอนแบบกึ่งกะทุก ๆ 24 ชั่วโมงนั้นสามารถเพิ่มผลผลิต PHAs ได้อย่างต่อเนื่องจนครบ 3 รอบของการเติมแหล่งคาร์บอนผลผลิตจึงเริ่มลดลง เนื่องจากการเติมแบบกึ่งกะนั้นจะทำให้ระบบมีแหล่งคาร์บอนในระบบเพียงพอตลอดเวลา เช่นเดียวกับงานวิจัยของ (Gahlawat and Srivastava, 2018) ที่สามารถเพิ่มผลผลิต PHB ได้อย่างต่อเนื่องเมื่อใช้วิธีการหมักแบบกึ่งกะโดยเติมอาหารทุก ๆ 24 ชั่วโมง ดังนั้นการลดลงของประสิทธิภาพการผลิต PHAs ในงานวิจัยนี้อาจเป็นผลมาจากการที่เชื้อจุลินทรีย์ใช้อาหารที่เติมในระบบตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการหมักและเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 48 ชั่วโมงแรก และเริ่มเข้าสู่ช่วงปลายของระยะการเจริญเติบโต (log phase) ทำให้เมื่อเติมแหล่งคาร์บอนซึ่งทำให้แบคทีเรียอยู่ในสภาวะที่จำกัดไนโตรเจนและมีแหล่งคาร์บอนมากเกินไป แต่เนื่องจากจำนวนแบคทีเรียที่พร้อมสำหรับการเจริญเติบโตมีปริมาณลดลง อาหารเริ่มลดลง และยังเพิ่มแหล่งคาร์บอนเข้าไปในปริมาณที่มากทำให้การขาดแคลนแหล่งไนโตรเจนมากเกินไป ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิต PHAs ลดน้อยลงไปด้วย ดังนั้นจากงานวิจัยนี้พบว่าการเติมแหล่งคาร์บอนแบบกะ หรือการเติมครั้งเดียวสามารถให้ประสิทธิภาพการผลิต PHAs ได้ดีกว่า แต่ในประเด็นนี้ยังคงเป็นประเด็นที่ต้องได้รับการศึกษาในอนาคต เพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุดสำหรับการผลิต PHAs เพื่อให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

การผลิตพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอตโดยใช้เชื้อ *Enterobacter* sp. และใช้แหล่งคาร์บอนเป็นน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้แล้ว พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิต PHAs คือการใช้แหล่งคาร์บอนที่ร้อยละ 0.200 และบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ภายใต้กระบวนการเติมแหล่งคาร์บอนแบบกะ โดยการเติมแหล่งคาร์บอนเพียงครั้งเดียวเมื่อเริ่มต้นกระบวนการหมัก งานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าน้ำมันปาล์มใช้แล้วเป็นแหล่งคาร์บอนที่สามารถนำมาผลิตพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอตได้ แต่ประเด็นของกระบวนการหมักยังคงเป็นประเด็นที่ยังต้องได้รับการศึกษาต่อไปเพื่อนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต PHAs ที่มีความเหมาะสมและคุ้มค่ามากที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสาขาเคมี และสาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

อ้างอิง

- Gahlawata, G. & Srivastavab, A. K. (2017). Enhancing the Production of Polyhydroxyalkanoate Biopolymer by *Azohydromonas Australica* Using a Simple Empty and Fill Bioreactor Cultivation Strategy. *Chem. Biochem. Eng. Q.*, 31 (4), 479–485
- Gajendiran, A., Krishnamoorthy, S. & Abraham, J. (2016). Microbial degradation of low-density polyethylene (LDPE) by *Aspergillus clavatus* strain JASK1 isolated from landfill soil. *Biotech*, 6, 52
- Kedia, G., Passanha, P., Richard, M., Dinsdale, A. J., Guwy, and Esteve, S. R. (2014). Evaluation of Feeding Regimes to Enhance PHA Production Using Acetic and Butyric Acids by a Pure Culture of *Cupriavidus necator*. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 19, 989-995
- Kemavongse, K., Prasertsan, P., Upaichit, A. & Methacanon, P. (2007). Effect of co-substrate on production of poly- β -hydroxybutyrate (PHB) and copolymer PHBV from newly identified mutant *Rhodobacter sphaeroides* U7 cultivated under aerobic-dark condition. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, 29, 4
- Mueller, R. J. (2006). Biological degradation of synthetic polyesters—Enzymes as potential catalysts for polyester recycling. *Process Biochemistry*, 41, 2124–2128
- Rakkan, T., Chana, N., Chirapongsatonkul, N., Utaynapun, K. & Sangkharak, K. (2022). Screening and Identification of Newly Isolated Basic Red 9-Degrading Bacteria from Textile Wastewater and Their Ability to Produce Medium-Co-Long-Chain-Length Polyhydroxyalkanoates. *Journal of Polymers and the Environment*, 30, 415–423
- Singh, S., Sithole, B., Lekha, P., Permaul, K. & Govinden, R. (2021). Optimization of cultivation medium and cyclic fed-batch fermentation strategy for enhanced polyhydroxyalkanoate production by *Bacillus thuringiensis* using a glucose-rich hydrolyzate. *Bioresour. Bioprocess*, 8, 11
- Tan, G-Y. A., Chen, C-L., Li, L., Ge, L., Wang, L., Razaad, I. M. N., Li, Y., Zhao, L., Mo, Y. & Wan, J-Y. (2014). Start a Research on Biopolymer Polyhydroxyalkanoate (PHA): A Review. *Polymers*, 6, 706-754

ถุงมือหน่วงการติดไฟ: แอนติโมนีไตรออกไซด์ในน้ำยางคอมพาวด์
 พันिता สุมานะตระกูล^{1*} ปาริชาติ ไชยแก้ว² ศรชัย อินทะไชย³ และ วีระวุฒิ แนบเพชร⁴

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติการหน่วงไฟของถุงมือที่ผลิตจากน้ำยางชั้น โดยเตรียมยางคอมพาวด์ที่แปรปริมาณสารที่ทำให้เกิดการหน่วงไฟ คือ แอนติโมนีไตรออกไซด์ ที่ความเข้มข้น 0% , 12.5% , 25% และ 50% ซึ่งเติมสารหน่วงไฟลงไปในยางคอมพาวด์เพียง 1 phr แล้วกำหนดสารกระตุ้นปฏิกิริยา ZnO สัดส่วน 0.4 phr, สารเร่งปฏิกิริยา ZMBT สัดส่วน 0.5 phr, ZDEC สัดส่วน 0.75 phr, สารป้องกันยางเสื่อม Wingstay L สัดส่วน 0.75 phr, สารทำให้น้ำยางคงรูป Sulfur สัดส่วน 0.5 phr, สารรักษาความเป็นเบสในน้ำยาง KOH สัดส่วน 0.3 phr และสารรักษาความเสถียรของน้ำยาง K-laurate สัดส่วน 0.2 phr จากการทดลองพบว่า สูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถุงมือหน่วงไฟ คือยางคอมพาวด์ที่แปรค่าปริมาณสารที่ทำให้เกิดการหน่วงไฟ แอนติโมนีไตรออกไซด์ที่ความเข้มข้น 50% เนื่องจากให้คุณสมบัติความทนทานต่อแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 24.82 MPa และสมบัติความแข็งสูงสุดเท่ากับ 35.93 Shore A ส่วนค่าความทนต่อแรงฉีกขาด และค่าระยะยืด ณ จุดขาด อยู่ในเกณฑ์ดี คือ 4.31 N/mm และ 909.90 % ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่เป็นไปตามมาตรฐาน มอก.1056 เล่ม 1-2556

คำสำคัญ: น้ำยางคอมพาวด์, ถุงมือ, แอนติโมนีไตรออกไซด์, สารหน่วงไฟ

¹ ดร., สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 93210

² บัณฑิตปริญญาตรี, สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 93210

³ รองศาสตราจารย์ ดร., สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 93210

⁴ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ, วิทยาเขตพัทลุง, 93210

¹ Dr., Department of Chemistry, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210

² Graduated student, Department of Chemistry, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210

³ Assoc.Prof.Dr., Department of Chemistry, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210

⁴ Faculty of Engineering, Thaksin University, Phatthalung, 93210

* Corresponding Author: E-mail: spanita@tsu.ac.th

Flame Retardant Gloves: Incorporating Antimony Trioxide in Latex Compounds

Panita Sumanatrakul^{1*}, Parichat Chaikaew² Sonchai Intachai³ and Weerawut Naebpetch⁴

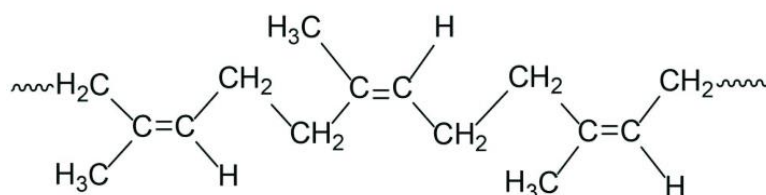
Abstract

The aim of this research is to investigate the flame retardance of glove from the concentrated Latex. Preparation of latex compound with varied the flame retardant as antimony trioxide in the rage of 0%, 12.5%, 25% and 50% which add in the latex compound only 1 phr. Then fixed activator as ZnO at 0.4 phr, used accelerator 2 types as ZMBT at 0.5 phr, and ZDEC 0.75 phr, used antioxidant Wingstay L at 0.75 phr, and vulcanizing agent as sulfur at 0.5 phr, used alkalinity agent as KOH at 0.3 phr, and add stable ogent as K-laurate at 0.2 phr. Herein, the results were found that the optimum formula for the retardant glove as used antimony trioxide at 50% only 1 phr. This formula obtained the highest tensile strength as 24.82 MPa and had maximum hardness as 35.93 Shore A. In addition, this formula can be shown tear strength and elongation at break at well criterion as 4.31 N/mm and 909.90 %, respectively which is according to the standard of TIS 1056, volume 1-2556.

Keywords: Latex compound, Gloves, Antimony trioxide, Flame retardant

บทนำ

ยางธรรมชาติที่ถูกเพาะปลูกในประเทศไทยเป็นสายพันธุ์ *Hevea brasiliensis* เป็นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนและไฮโดรเจน มีโครงสร้างเป็น cis-1,4 polyisoprene ดังรูปที่ 1 ยางธรรมชาติจึงติดไฟได้ [1] ซึ่งหลายทศวรรษที่ผ่านมา มีการศึกษาสารหน่วงไฟสำหรับยางอย่างยาวนานและมีการนำเสนอวิธีการหน่วงการติดไฟของยางธรรมชาติอย่างหลากหลาย เช่น การผสมสารหน่วงการติดไฟชนิดเติมแต่งลงในเมทริกซ์ยาง รวมถึงการเติมสารเติมแต่งฮาโลเจน หรือไฮดรอกไซด์ของโลหะ หรือสารหน่วงการติดไฟที่มีฟอสฟอรัส หรือสารหน่วงการติดไฟที่ลุกติดไฟ หรือสารหน่วงการติดไฟขนาดนาโนเมตร เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การใช้สารหน่วงการติดไฟที่มีฮาโลเจนบางชนิดแม้จะให้ประสิทธิภาพสูง แต่จะมีการสะสมของสารเคมีในระบบนิเวศและผลิตสารพิษที่เป็นอันตรายระหว่างการเผาไหม้ซึ่งกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์เป็นอย่างมาก ในปัจจุบัน สารหน่วงการติดไฟประเภทอนินทรีย์ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีข้อได้เปรียบกว่าสารหน่วงไฟประเภทอื่น เช่น ไฮดรอกไซด์ของโลหะหรือออกไซด์ของโลหะเป็นสารหน่วงการติดไฟที่ตรวจพบการใช้งานบ่อยที่สุด โดยมีกลไกการหน่วงไฟสองส่วน ได้แก่ ส่วนแรกเป็นเฟสควบแน่น สารหน่วงการติดไฟย่อยสลายและดูดซับความร้อนได้มาก ทำให้อุณหภูมิภายในของพื้นผิวลดลง อัตราไฟโรไลซิสและผลิตภัณฑ์ไพโรไลซิสจะป้องกันพื้นผิวของซัสเตรต ซึ่งอาจทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันความร้อนและออกซิเจน ส่วนที่สองเป็นสถานะก๊าซ โดยน้ำที่ถูกปล่อยออกมาสามารถดูดซับความร้อนและเจือจางก๊าซและออกซิเจนที่ติดไฟได้ในระหว่างการสลายตัวของสารหน่วงการติดไฟ [2-4] ทำให้ยางหรือพอลิเมอร์เกิดการหน่วงการติดไฟได้



รูปที่ 1 โครงสร้าง cis-1,4 polyisoprene ของยางธรรมชาติ [5]

สารหน่วงการติดไฟประเภทอนินทรีย์ ที่นิยมใช้มาก ได้แก่ ฟลวงไตรออกไซด์ที่มีฮาโลเจน แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ สังกะสี บอโรไดออกไซด์ และซิงค์ซิลไฟด์ เป็นต้น เมื่อสารหน่วงไฟประเภทนี้สัมผัสกับความร้อนจะไม่ระเหย แต่จะสลายตัวและปล่อยก๊าซที่ไม่ติดไฟออกมาแทน เช่น ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ ซิลเพอร์ไดออกไซด์ ไฮโดรเจน คลอไรด์และก๊าซอื่นๆ ทั้งนี้ สารประกอบเหล่านี้ส่วนใหญ่ผลิตปฏิกิริยาดูดความร้อน และกลไกของสารหน่วงการติดไฟเหล่านี้ขึ้นอยู่กับการแตกตัวที่อุณหภูมิสูง และทำให้เกิดการปล่อยก๊าซที่ไม่ติดไฟซึ่งสามารถลดส่วนผสมของก๊าซไวไฟให้น้อยลงได้ จากนั้นจะแยกยางหรือพอลิเมอร์ออกจากพื้นผิวโดยการสร้างชั้นป้องกันที่เป็นอนินทรีย์เคลือบบนพื้นผิวของพอลิเมอร์นั้นเพื่อป้องกันการเกิดสามเหลี่ยมไฟจากการเข้าถึงขององค์ประกอบของออกซิเจนและความร้อนต่อไป [6] จากการสืบค้นผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า Attia, M.K., & Hassan, M.S. (2019) ได้นำเสนอแอนติโมนีไตรออกไซด์ (Sb_2O_3), อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ($Al(OH)_3$) และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) เพื่อใช้เป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่สามารถปรับปรุงการหน่วงไฟของคอมโพสิต PVC โดยแนะนำให้ใช้แอนติโมนีไตรออกไซด์ เนื่องจากมีฟลวงประมาณ 83.53% และออกซิเจน 16.47% ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสานร่วมกับสารหน่วงการติดไฟที่มีฮาโลเจนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพได้ดีขึ้นด้วย [7] โดยพบว่าการใช้แอนติโมนีไตรออกไซด์ ที่ 1 phr จะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าการเติมที่ปริมาณ 3 phr ดังนั้น งานวิจัยนี้ จึงสนใจที่จะศึกษาการใช้แอนติโมนีไตรออกไซด์เป็นสารหน่วงการติดไฟในยางคอมพาวด์ ที่ 1 phr โดยแปรความเข้มข้นของดิสเพอร์ชันในช่วง 0, 12.5, 25 และ 50 wt% เพื่อขึ้นรูปเป็นถุงมือยางที่สามารถใช้งานในการสัมผัสกับสารเคมีไวไฟต่อไป

วิธีการวิจัย

การออกสูตรเคมียางคอมพาวด์เพื่อผลิตถุงมือหนังไฟ

ออกสูตรถุงมือหนังไฟโดยกำหนดปริมาณและหน้าที่ของสารเคมี ดังตารางที่ 1 ซึ่งใช้มาตรฐาน มอก.1056 เล่ม 1-2556 เรื่องถุงมือสำหรับตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์ชนิดใช้ครั้งเดียว เป็นเกณฑ์ โดยที่ น้ำยางชั้น 60% DRC ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท ออมนิสตาร์ จำกัด อ.ทุ่งลูง จ.สงขลา ส่วนสารเคมีสำหรับยางชนิดอื่นๆ ผลิตโดยบริษัท เคมีคอล แอนด์ แมททีเรียลส์ จำกัด ประเทศไทย และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ (Antimony trioxide) ผลิตโดยบริษัท Himedia Laboratories Pvt. Ltd., ประเทศอินเดีย

ตารางที่ 1 การออกสูตรเบื้องต้นสำหรับการผลิตถุงมือหนังไฟด้วยแอนติโมนี ไตรออกไซด์

น้ำยางและสารเคมี	หน้าที่	สัดส่วน (phr*)
60% น้ำยางชั้น	เนื้อสารหลัก	100
10% KOH	สารรักษาความเป็นเบสในน้ำยาง	0.3
20% Potassium laurate	สารปรับเสถียร	0.2
50% Sulphur	สารทำให้คงรูป	0.5
40% ZDEC	สารตัวเร่ง	0.75
50% ZMBT	สารตัวเร่ง	0.5
40% Wingstay L	สารป้องกันยางเสื่อม	0.75
50% ZnO	สารกระตุ้นตัวเร่ง	0.4
0%, 12.5%, 25% 50% Antimony trioxide	สารหนังไฟ	1

เมื่อ phr คือ part per hundred of rubber (ส่วนในร้อยส่วนของยางโดยน้ำหนัก)

การเตรียมยางคอมพาวด์เพื่อเตรียมชิ้นงานทดสอบ

เตรียมยางคอมพาวด์โดยใช้สารเคมีดังตารางที่ 1 ซึ่งเริ่มต้นด้วยการเทน้ำยางชั้น 60% DRC ที่สัดส่วน 100 phr ลงในถัง ปริมาตร 6000 มิลลิลิตร จากนั้นกวนเพื่อไล่แอมโมเนียที่ใช้รักษาสภาพน้ำยางชั้นเป็นเวลา 2 นาที แล้วเติมดิสเพิสชัน 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ปริมาณ 0.3 phr เพื่อรักษาเบสในน้ำยาง แล้วเติมดิสเพิสชัน 20% โพแทสเซียมลอเรต (potassium laurate) ปริมาณ 0.2 phr เพื่อปรับความเสถียรของน้ำยาง กวนให้เข้ากันเป็นเวลา 3 นาที จากนั้น เติมดิสเพิสชัน 50% กำมะถัน (Sulphur) ปริมาณ 0.5 phr เพื่อทำให้ยางคงรูป เติมดิสเพิสชัน 50% ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide; ZnO) ปริมาณ 0.4 phr เพื่อสารกระตุ้นตัวเร่ง กวนให้เข้ากัน แล้วเติมดิสเพิสชัน 50% ซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมท (ZDEC) ปริมาณ 0.75 phr เพื่อเร่งปฏิกิริยา กวนเป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นเติมดิสเพิสชัน 40% ริงสแตย์แอล (Wingstay L) ปริมาณ 0.75 phr เพื่อป้องกันยางเสื่อม เติมดิสเพิสชัน 50% ซิงค์เมอแคปโทเบนโซอิล (ZMBT) ปริมาณ 0.75 phr เพื่อเร่งปฏิกิริยา กวนเป็นเวลา 1 นาที แล้วเติมดิสเพิสชัน แอนติโมนี ไตรออกไซด์ โดยแปรปริมาณเป็น 0%, 12.5%, 25%, 50% ที่ 1 phr เพื่อทนทานการติดไฟ กวนเป็นเวลา 2 นาที ขั้นตอนสุดท้าย เทยางคอมพาวด์ลงในบ้้ากระจกขนาด 15x15 ตารางเซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตร เมื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นบางไปทดสอบคุณสมบัติเชิงกลต่อไป

การผลิตถุงมือหนังไฟ

เริ่มต้นด้วยการทำความสะอาดแบบพิมพ์ (former) รูปมือขนาดกลาง โดยใช้น้ำสะอาดในการทำทำความสะอาด แล้วอบแบบพิมพ์ให้แห้งเป็นการระเหยน้ำที่ติดเป็นฟิล์มบนแบบพิมพ์แห้งจนหมด จากนั้น จุ่มสาร Coagulant ซึ่งใช้สาร $\text{CaNO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ เป็นสารป้องกันการจับตัวระหว่างฟิล์มน้ำยางกับแบบพิมพ์มือ โดยอบแบบพิมพ์หลังการจุ่มสาร Coagulant ให้แห้งก่อนจุ่มแบบพิมพ์ในถังน้ำยางคอมพาวด์ (latex compound) ที่เตรียมไว้แล้วจากขั้นตอนการเตรียมยางคอมพาวด์เพื่อเตรียมชิ้นงานทดสอบ โดยเรียกการขึ้นรูปแบบนี้ว่าการจุ่มน้ำยางคอมพาวด์ (latex dipping) ซึ่งเป็นกระบวนการเคลือบแผ่นฟิล์มน้ำยางบนแบบพิมพ์มือ วางแบบพิมพ์ให้ฟิล์มถุงมืออย่างแห้งพอหมาด แล้วม้วนขอบถุงมือให้มีลักษณะขอบที่เท่ากันและสวยงามหลังจากนั้น อบฟิล์มถุงมือ ซึ่งเป็นการให้ความร้อนจนเกิดปฏิกิริยาการวัลคาไรส์สมบูรณ์ โดยใช้อุณหภูมิในตู้อบประมาณ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

การทดสอบความทนต่อแรงดึง ตามมาตรฐาน ASTM D 412 โดยนำแผ่นยางที่ผ่านการขึ้นรูปเป็นแผ่นของแต่ละสูตร มาตัดเป็นรูป Dumbbell ใช้มีดตัดแบบ Die C และในแต่ละสูตรจะใช้ชิ้นตัวอย่างอย่างน้อยจำนวน 3 ชิ้นตัวอย่างต่อสูตร จากนั้น นำชิ้นตัวอย่างมาวัดความหนาของชิ้นงานแล้วนำไปทดสอบความทนทานต่อแรงดึงด้วยเครื่องมือ Universal Testing Machine จากนั้นวิเคราะห์ผลการทดสอบ Tensile strength และ Elongation at break

การทดสอบความทนต่อแรงฉีกขาด ตามมาตรฐาน ASTM D-2240 โดยนำแผ่นยางที่ผ่านการขึ้นรูปของแต่ละสูตร มาตัดเป็นรูป Angle Type C ใช้มีดตัดแบบ Type C และในแต่ละสูตรจะใช้ชิ้นตัวอย่างอย่างน้อยจำนวน 3 ชิ้นตัวอย่างต่อสูตร จากนั้น นำชิ้นตัวอย่างมาวัดความหนาของชิ้นงานแล้วนำไปทดสอบความทนทานต่อแรงฉีกขาดด้วยเครื่องมือ Universal Testing Machine จากนั้นวิเคราะห์ผลการทดสอบ Tear resistance

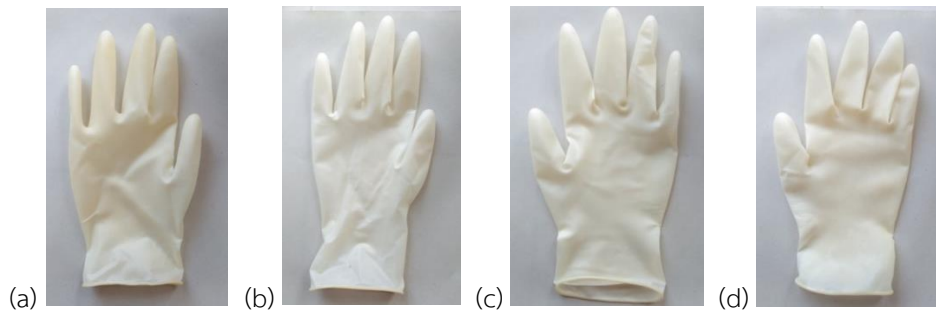
การทดสอบความแข็ง ตามมาตรฐาน ASTM D 2240 เป็นการวัดความแข็งแบบ Shore A ทดสอบด้วยเครื่องวัดความแข็ง Durometer ซึ่งใช้ชิ้นทดสอบที่มีความหนาน้อยกว่า 6 มิลลิเมตร จากนั้นกดเข็มของเครื่องมือวัดลงไปบนแผ่นยางโดยให้หัวกดค้างไว้ 30 วินาที แล้วอ่านค่าความแข็งที่ได้ อย่างน้อย 5 ตำแหน่ง

การทดสอบการหน่วงไฟ เตรียมชิ้นทดสอบขนาด 5×2 เซนติเมตร โดยนำแหล่งกำเนิดเปลวไฟเลื่อนเข้าหาชิ้นทดสอบเป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำแหล่งกำเนิดเปลวไฟออก ซึ่งในการทดสอบแต่ละครั้งใช้ออกซิเจนที่มีในอากาศ (~21%) ทำให้การลุกไหม้ที่ขึ้นทดสอบโดยสามารถดับได้เองภายในเวลา 3 นาที และมีระยะเวลาเผาไหม้น้อยกว่า 5 เซนติเมตร ทดสอบสูตรละ 3 ซ้ำ

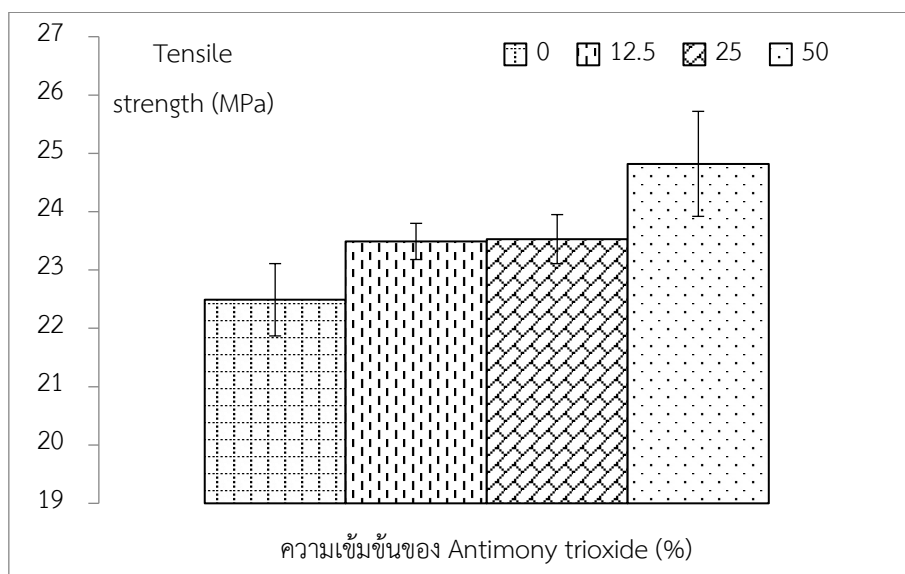
ระเบียบวิธีการวิจัย

คุณสมบัติทางกายภาพและทางเชิงกลของถุงมือหนังไฟเมื่อแปรปริมาณ Antimony trioxide (Sb_2O_3)

รูปที่ 2 แสดงลักษณะของผลิตภัณฑ์ถุงมือหนังไฟที่ผลิตได้จากงานวิจัยนี้ โดยเมื่อแปรปริมาณ Sb_2O_3 ที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่า ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทุกความเข้มข้น (รูปที่ 2 (a)-2(d)) มีความเรียบลื่น ยืดหยุ่นดี กระชับมือ ไม่มีรอยร้าวซึม มีความหนาและความชื้นใกล้เคียงกันทุกสูตร เฉลี่ย 1.35%

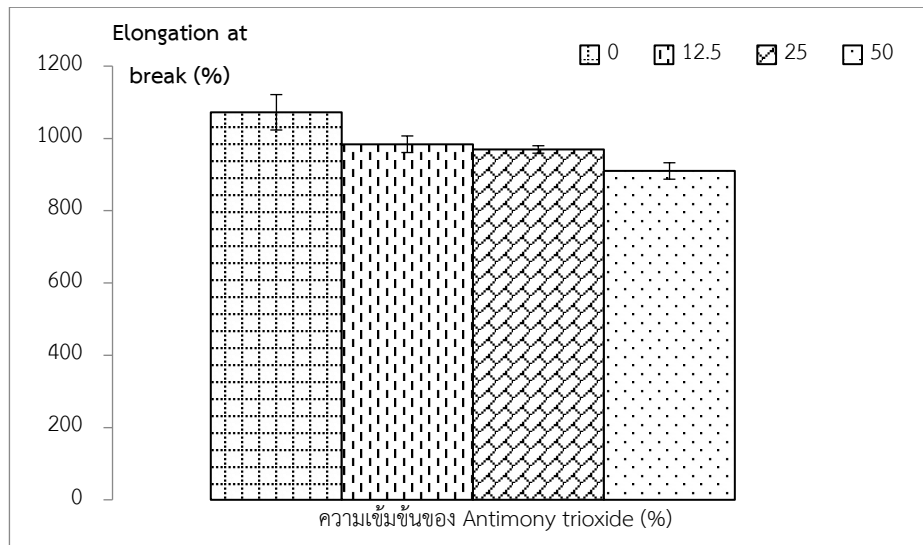


รูปที่ 2 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ถุงมือยางที่ผลิตได้เมื่อแปรปริมาณ Sb_2O_3 ที่ (a) 0%, (b) 12.5%, (c) 25%, (d) 50%



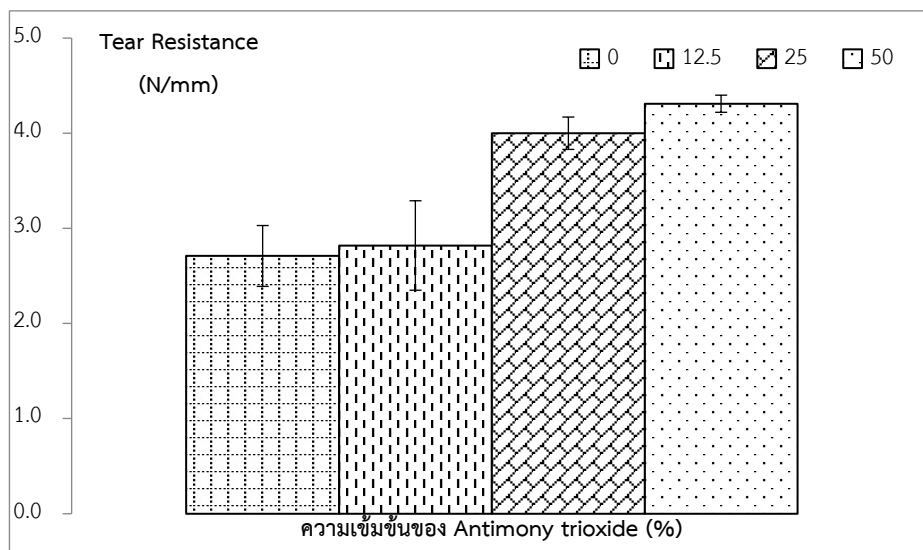
รูปที่ 3 ค่าความทนทานต่อแรงดึงเมื่อแปรปริมาณ Sb_2O_3 ที่ (a) 0%, (b) 12.5%, (c) 25%, (d) 50% dispersion

เมื่อมีการดึงยืดหรือมีแรงภายนอกมากกระทำต่อวัสดุยาง จะมีการคลายความเครียดออกด้วยการยืดตัว จึงสามารถรายงานผลออกมาอยู่ในรูประยะยืดจนกระทั่งยางขาด ส่วนค่าความทนทานต่อแรงดึงบอกให้ทราบถึงความแข็งแรงของยางนั้นๆ จากรูปที่ 3 พบว่า ค่าความทนทานต่อแรงดึงของชิ้นงานจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของแอนติโมนีไตรออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 0%, 12.5%, 25% และ 50% dispersion เนื่องจาก เมื่อปริมาณ Sb_2O_3 เพิ่มขึ้น บ่งบอกถึงการรบกวนในส่วนกิ่งผลึกหรือส่วนที่เรียกว่า hard segments ในเมทริกซ์ของยาง ทำให้ยางมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเมื่อมีส่วนที่เป็น Hard segments ที่เชื่อมกับยางที่เชื่อมขวาง [8]



รูปที่ 4 ค่าระยะยืด ณ จุดขาด เมื่อแปรปริมาณ Sb_2O_3 ที่ (a) 0%, (b) 12.5%, (c) 25%, (d) 50% dispersion

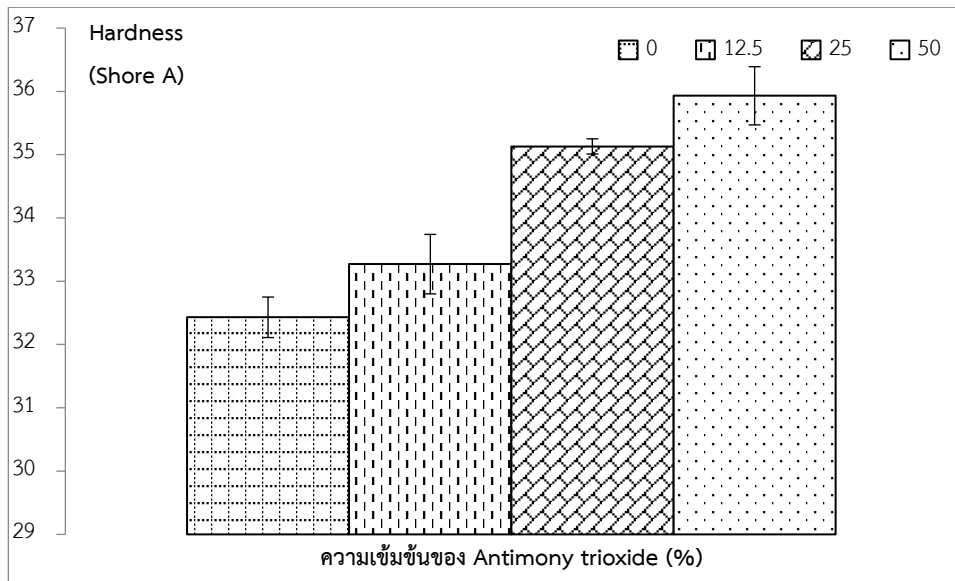
รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอนติโมนีไตรออกไซด์และระยะยืด ณ จุดขาดของยางคอม-พาวด์ พบว่า เมื่อปริมาณความเข้มข้นแอนติโมนีไตรออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 0%, 12.5%, 25% และ 50% ทำให้ระยะยืด ณ จุดขาดของยางลดลง เนื่องจากมีปริมาณตัวถูกละลายอย่างแอนติโมนีไตรออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ยางคอมพาวด์มีความเป็น อสังฐานลดลง หมายถึงส่วนที่เป็น Hard segment ในเมทริกซ์ของยางเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ยางยืดได้น้อยลง [8]



รูปที่ 5 ค่าความทนทานต่อแรงฉีกขาดเมื่อแปรปริมาณ Sb_2O_3 ที่ (a) 0%, (b) 12.5%, (c) 25%, (d) 50% dispersion

ส่วนรูปที่ 5 มีผลการทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกันกับค่าความทนทานต่อแรงดึงและค่าความแข็งในรูปที่ 6 กล่าวคือ เมื่อปริมาณ Sb_2O_3 เพิ่มขึ้น บ่งบอกถึงการรบกวนในส่วนกิ่งผลึกหรือส่วนที่เรียกว่า hard segments ในเมทริกซ์ของ

ยาง ทำให้ยางมีความทนต่อการฉีกขาดและความแข็งเพิ่มขึ้น เมื่อมีส่วนที่เป็น Hard segments ที่เชื่อมกับยางที่เชื่อมขวาง [8]



รูปที่ 6 ค่าความแข็งเมื่อแปรปริมาณ Sb_2O_3 ที่ (a) 0%, (b) 12.5%, (c) 25%, (d) 50% dispersion

ผลการทดสอบสมบัติการหน่วงไฟ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระยะเวลาการติดไฟได้เมื่อแปรปริมาณ Sb_2O_3 ที่ (a) 0%, (b) 12.5%, (c) 25%, (d) 50% dispersion

ผลการหน่วงไฟ	ความเข้มข้นของสารหน่วงไฟ Sb_2O_3			
	0%	12.5%	25%	50%
ระยะเวลาการติดไฟเฉลี่ย (วินาที)	10	39	73	105

จากการใช้แอนติโมนีไตรออกไซด์ พบว่า สามารถหน่วงไฟได้ในระยเวลาน้อยกว่า 3 นาที เนื่องจากความเข้มข้นของแอนติโมนีไตรออกไซด์ 0%, 12.5%, 25% และ 50% ที่ใช้ผสมในยางคอมพาวด์แต่ละสูตรใช้สัดส่วนเพียง 1 phr ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยที่จะทำให้แอนติโมนีไตรออกไซด์สามารถหน่วงไฟได้ ดังนั้น หากต้องการให้แอนติโมนีไตรออกไซด์สามารถหน่วงไฟได้จะต้องเพิ่มความเข้มข้น และเพิ่มสัดส่วนของแอนติโมนีไตรออกไซด์ในปริมาณที่มากขึ้น หรือผสมกับสารหน่วงไฟชนิดอื่นเพิ่มเติม [9]

สรุปผลการวิจัย

การเติมแอนติโมนีไตรออกไซด์ที่ความเข้มข้น 50wt% ในปริมาณเพียง 1phr ให้คุณสมบัติการหน่วงไฟได้ไม่เกิน 3 นาที โดยสามารถผลิตถุงมือหน่วงไฟให้มีสมบัติเชิงกลที่ดีตามมาตรฐาน มอก.1056 เล่ม 1-2556

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่สนับสนุนงบประมาณการทำวิจัยของนิสิต และขอขอบคุณบุคลากร ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีฯ เพื่อชุมชน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่กรุณาแนะนำการใช้เครื่องมือทดสอบคุณสมบัติเชิงกลยางคอมพาวด์และคอยอำนวยความสะดวกในการทดสอบต่าง ๆ จนเสร็จสิ้นลุล่วงไปด้วยดี

อ้างอิง

- [1] Wan, L., Deng, C., Zhao, Z-Y., Chen, H., & Wang, Y-Z. (2020). Flame retardation of natural rubber: strategy and recent progress. *Polymers*, 12, 429. doi:10.3390/polym12020429.
- [2] Cho, B.H., Hwang, I.R., Lee, Y.-S., Jeong, J.M., Son, K.J., & Nah, C. (2008). Enhancement of flame retardancy of rubber matrix using nanofillers, *J. Nanosci. Nanotechnol*, 8, 5516–5520.
- [3] Khanlari, S., & Kokabi, M. (2011). Thermal stability, aging properties, and flame resistance of NR-based nanocomposite, *J. Appl. Polym. Sci.*, 119, 855–862.
- [4] Morgan, A.B., & Gilman, J.W. (2013). An overview of flame retardancy of polymeric materials: application, technology, and future directions, *Fire Mater.*, 37, 259–279.
- [5] Sancaktar, E., & Basan, S. (2019). Comparison of electrical conductivity in compounds of carbon black with natural and butadiene rubbers, *Front. Mater.*, 6, 265. doi: 10.3389/fmats.2019.00265.
- [6] Al-Mosawi, A.I. (2022). Flame retardants, their beginning, types, and environmental impact: a review, *Journal of Silicate Based and Composite Materials*, 74(1), 2-8. <https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2022.01>.
- [7] Attia, M.K., & Hassan, M.S. (2019). Fire retardancy, thermal stability and irradiation studies of modified poly (vinyl chloride) composites for Industrial applications, *Arab J. Nucl. Sci. & Applic.*, 52(4), 135-144. DOI:10.21608/ajnsa.2019.7669.1175
- [8] Aly, R.O., Hassan, M.M., Hasanen, J.A., & El Sayed, F. (2012). Impact of antimony trioxide on the physico-mechanical and flammability properties of irradiated recycled rubber powder and waste polyethylene composites, *Journal of Applied Polymer Science*, 124, 4098–4106. DOI 10.1002/app.35145.
- [9] Patarapaiboolchai, O., & Chaiyaphate, S. (2010). Improvements of natural rubber for flame resistance, *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 32(3), 299-305.



Session
**ฟิสิกส์ ฟิสิกส์ศึกษา
และวิศวกรรมศาสตร์**

แนวทางการบริหารเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชน ในจังหวัดนครศรีธรรมราช

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์^{*1} นรินทร์ อางกุล² วสันต์ คงไสยะ³

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการบริหารเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช ระเบียบวิธีวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ให้ข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ จำนวน 23 คน จากวิสาหกิจชุมชนในตำบลพรหมโลก อำเภอพรหมคีรี และตำบลนาทราย อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช คัดเลือกโดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง และแบบการสนทนากลุ่ม ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา และใช้วิธีการนำเสนอการวิเคราะห์ในรูปแบบพรรณนาวิเคราะห์ ผลการวิจัย พบว่า มิติแนวทางการพัฒนาการบริหารเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช ประกอบด้วย 1) มิติด้านการบริหารจัดการองค์กร 2) มิติด้านการบริหารจัดการผลิต 3) มิติด้านการบริหารจัดการตลาด 4) มิติด้านการบริหารจัดการทางการเงิน และ 5) มิติด้านการบริหารจัดการเทคโนโลยี ข้อค้นพบจากการวิจัยควรส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนรู้เกี่ยวกับการเข้าถึงและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชน ในการก้าวสู่ระบบเศรษฐกิจฐานความรู้และการปรับตัวให้อยู่รอดท่ามกลางสถานการณ์เศรษฐกิจและเทคโนโลยีที่พลิกผัน

คำสำคัญ : การบริหารเทคโนโลยี ขีดความสามารถในการแข่งขัน วิสาหกิจชุมชน

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หลักสูตรปรัชญาคุณฐิบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม หน่วยวิจัยเทคโนโลยียานยนต์อัจฉริยะ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

^{2,3} นักศึกษาปริญญาโทหลักสูตรเทคโนโลยีมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

¹ Ph.D Industrial Technology Program, Intelligent Automotive Technology Research Unit, Faculty of Industrial Technology, Nskhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, 80280, Thailand

^{2,3} Master Student in Industrial Technology Program, Faculty of Industrial Technology, Nskhon Si Thammarat Rajabhat University, Nskhon Si Thammarat 80280, Thailand

* Corresponding Author: E-mail: weerayute_sud@nstru.ac.th

Guidelines for the Technology Management to Enhance the Community Enterprise Competitiveness Advantage in Nakhon Si Thammarat Province

Weerayute Sudsomboon*¹ Narin Atkul² Wasan Khongsaiya³

Abstract

This research aimed to study the guidelines for technology management to enhance the community enterprise competitiveness advantage in Nakhon Si Thammarat Province. This research was conducted by qualitative research methodology. The sampling were 23 key informants from Phrom Lok Community Enterprise, Phrom Khiri District and Nasai Community Enterprise, Mueang District in Nakhon Si Thammarat Province who were selected by purposive sampling method. The research instruments were unstructured interviews form and focus group discussion form. Data was analyzed by content analysis and analytical description. The research results revealed that the guidelines for technology management to enhance the community enterprise competitiveness advantage dimensions were: 1) Organization management dimension; 2) Production management dimension; 3) Marketing management dimension; 4) Financial management dimension; and 5) Technology management dimension. The research results found that community enterprise should be promoted and encourage learning as follow as access and applications of modern technology to mobilize the effectiveness. As a result, the community enterprise competitiveness advantage dimensions are mobilized the knowledge-based economy system and the absolute survive in the era of economics and technology disruption.

Keywords: Technology management, Competitiveness advantage, Community enterprise

บทนำ

ในรอบทศวรรษที่ผ่านมาประเทศไทยได้เผชิญกับวิกฤตเศรษฐกิจหลายครั้ง ทำให้รัฐบาลในแต่ละยุคสมัย ต่างก็มีแนวความคิดที่จะหาวิธีทำให้ประเทศสามารถกำหนดยุทธศาสตร์ของประเทศ ให้มีความสามารถในการแข่งขันที่สูงขึ้น สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจโลก รัฐบาลไทยที่ผ่าน ๆ มาจึงกำหนดกรอบยุทธศาสตร์การพัฒนาเศรษฐกิจ โดยมองภาพของเศรษฐกิจอย่างเป็นระบบและมีเป้าหมายที่จะรักษาไว้ซึ่งการเติบโตของเศรษฐกิจอย่างมีคุณภาพและเสถียรภาพ เน้นความสมดุลระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจระดับฐานราก และการสร้างความเชื่อมโยงเศรษฐกิจภายในประเทศกับเศรษฐกิจโลก อย่างรู้เท่าทันภายในระบบเศรษฐกิจแบบเสรี ด้วยความเชื่อมั่นว่าสังคมไทยยังมีศักยภาพ และสามารถพัฒนาขึ้นมาได้ รัฐบาลจึงหาทางที่จะสร้างรายได้ให้กับประชาชนและประเทศชาติ ทั้งนี้ต้องหาทางเปลี่ยนมุมมองในชุมชนให้เห็นว่าสิ่งที่ตนมีอยู่นั้น คือทรัพย์สินที่มีราคาสามารถเพิ่มรายได้ หากรู้จักการจัดการกับทรัพย์สินนั้นอย่างชาญฉลาด (วราภรณ์ อ่อนคำ และคณะ, 2564)

แนวทางการพัฒนาวิสาหกิจชุมชน เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาความยากจนของประชาชนและเป็นแนวทางที่สร้างเศรษฐกิจ สังคม และชุมชนให้มีความยั่งยืน เพราะเป็นการส่งเสริมให้ชุมชนรู้จักใช้ทรัพยากรท้องถิ่น สามารถพึ่งพาตนเองในระยะยาวได้อย่างมั่นคง กรมส่งเสริมการเกษตร (2564) ได้อธิบายว่า วิสาหกิจชุมชน (วิสาหกิจชุมชน (small and micro community enterprise : smce) คือ กิจการของชุมชนที่เกี่ยวกับการผลิตสินค้า การให้บริการหรืออื่น ๆ ที่ดำเนินการโดยคณะบุคคลที่มีความผูกพัน มีวิถีชีวิตร่วมกันและรวมตัวกันประกอบกิจการดังกล่าว ไม่ว่าจะป็นนิติบุคคลในรูปแบบใด หรือไม่ป็นนิติบุคคล เพื่อสร้างรายได้และเพื่อการพึ่งพาตนเองของครอบครัว ชุมชนและระหว่างชุมชน หรือกล่าวโดยสรุปก็คือ การประกอบการเพื่อการจัดการทุนของชุมชนอย่างสร้างสรรค์เพื่อการพึ่งตนเอง ซึ่งทุนของชุมชนนั้น ก็จะหมายรวมถึงทรัพยากร ผลผลิตทางการเกษตร ความรู้ ภูมิปัญญา วัฒนธรรม ประเพณีของท้องถิ่นเพื่อให้ชุมชนเกิดความแข็งแกร่งทางเศรษฐกิจเกิดการพึ่งตนเอง เพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันในตลาดอย่างสมดุล เป็นทางเลือกที่สำคัญในการประกอบอาชีพโดยเฉพาะชนบท ที่ผสมผสานการผลิตในภาคเกษตรกรรม ภาคพาณิชย์กรรม ภาคอุตสาหกรรมและภาคบริการด้วยการเชื่อมโยงผลิตภัณฑ์ชุมชนและท้องถิ่น ได้หล่อหลอมให้ทุกคนซึมซับถึงการพึ่งพาตนเองและนำองค์ความรู้ไปใช้ในการผลิตถ่ายทอดให้กับสังคม ตลอดจนให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนของวิสาหกิจชุมชน ก่อให้เกิดความสมดุลในชีวิต ชุมชนสามารถจัดการความรู้ภายในชุมชนรวมไปถึงการเรียนรู้ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการพัฒนาวิสาหกิจชุมชน เพราะการเรียนรู้ทำให้ชุมชนได้รู้ศักยภาพของตนเอง ได้ค้นพบทุนที่มีอยู่ในชุมชน ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อชีวิตความเป็นอยู่ของคนในชุมชน เกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนทัศน์ และเจตคติที่ดีต่อชีวิตและสังคม แต่วิสาหกิจชุมชนก็ยังคงมีปัญหาต่าง ๆ โดยผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์งานวิจัยพบว่าปัญหาหลักของวิสาหกิจชุมชน ประกอบด้วย 1) ปัญหาด้านการตลาด 2) ปัญหาการบริหารจัดการ 3) ปัญหาด้านการผลิต 4) ปัญหาด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 5) ปัญหาด้านการออกแบบ ผลิตภัณฑ์ และ 6) ปัญหาด้านการเงินและแหล่งเงินทุนต่ำ (กนกวรรณ พวงประยงค์ และคณะ (2563), บัญชา อินทะกุล (2560), วนิดา สุวรรณนิพนธ์ (2564), ส.ศิริชัย นาคอุดม และคณะ (2563), วรณช กุฑูทา และคณะ (2561))

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาแนวทางการบริหารเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งจะช่วยให้จะพบประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับชุมชนในการปรับตัวนำไปใช้ อาทิเช่น ด้านการบริหารจัดการ ด้านการตลาด ด้านการเงิน ด้านการผลิต และอื่น ๆ ดังนั้น ซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาแนวทางการบริหารเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช

วิธีดำเนินการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research Methodology) โดยสามารถจำแนกวิธีดำเนินการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. ขอบเขตด้านกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) จากเอกสารทางวิชาการ รายงานการวิจัย บทความ ร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึกจากกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก จำนวน 23 คน จากวิสาหกิจชุมชนในตำบลพรหมโลก อำเภอพรหมคีรี และตำบลนาทราย อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช คัดเลือกโดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

2. ผู้ให้ข้อมูลหลัก

ผู้ให้ข้อมูลหลัก (key Informants) ด้วยเทคนิคการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interviews) จำนวน 23 คน จากวิสาหกิจชุมชนในตำบลพรหมโลก อำเภอพรหมคีรี และตำบลนาทราย อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ประกอบด้วย

- 2.1 ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จำนวน 7 คน
- 2.2 รองประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จำนวน 7 คน
- 2.3 สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จำนวน 7 คน
- 2.4 เจ้าหน้าที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จำนวน 2 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การวิจัยเรื่อง “แนวทางการบริหารเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช” ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์เชิงลึกแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Interview Form) และแบบการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion Form) โดยมีกรอบวิเคราะห์ตามประเด็นที่จะทำการศึกษา ซึ่งอยู่ภายใต้ประเด็นการวิจัย ดังนี้ คือ

3.1 ประเด็นโดยภาพรวมที่เกี่ยวข้องกับ สภาพ ปัญหา อุปสรรค และแนวทางการดำเนินงานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในตำบลพรหมโลก อำเภอพรหมคีรี และตำบลนาทราย อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

3.2 ประเด็นการดำเนินงานการผลิตสินค้าแปรรูปของวิสาหกิจชุมชนในตำบลพรหมโลก อำเภอพรหมคีรี และตำบลนาทราย อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

3.3 ประเด็นแนวทางการบริหารเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช ประกอบด้วยมิติ 5 ด้าน คือ มิติด้านการบริหารจัดการองค์กร มิติด้านการบริหารจัดการผลิต มิติ ด้านการบริหารจัดการตลาด มิติด้านการบริหารจัดการทางการเงิน และมิติด้านการบริหารจัดการเทคโนโลยี (สมชาย น้อยฉ่ำ และคณะ. 2560)

4. ขั้นตอนการการสร้างเครื่องมือการวิจัย

4.1 ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือการวิจัยแล้วเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ และปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปดำเนินการตรวจหาคุณภาพของเครื่องมือทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยการนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านตรวจสอบความถูกต้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและจุดประสงค์ (IOC) ทั้งนี้ หาค่า IOC คัดเลือกข้อที่มีค่าระหว่าง 0.70–1.00 จากนั้นจึงปรับปรุงแบบสอบถาม ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยภาพรวมผู้เชี่ยวชาญประเมินค่า IOC มีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 1.00

4.2 ข้อคำถามการสนทนากลุ่มเป็นข้อคำถามสำหรับการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับ มิติแนวทางการบริหารเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเชื่อมโยง (Attributes) กับ สภาพปัจจุบัน (Current) ประเด็นที่ส่งผล (Issues) และแนวโน้ม (Trends) ใน 5 มิติ ประกอบด้วย 1) มิติด้านการบริหาร

จัดการองค์กร 2) มิติด้านการบริหารจัดการผลิต 3) มิติด้านการบริหารจัดการตลาด 4) มิติด้านการบริหารจัดการทางการเงิน และ 5) มิติด้านการบริหารจัดการเทคโนโลยี

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ ผู้ศึกษาได้นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากการสัมภาษณ์มาทำการวิเคราะห์แยกแยะเป็นประเด็นต่าง ๆ โดยใช้การพรรณนาวิเคราะห์ข้อมูลตามความมุ่งหมายของการศึกษาและตามกรอบแนวคิดเกี่ยวกับแนวทางการบริหารเทคโนโลยี เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาที่รวบรวมประเด็นได้อย่างมีระบบ นอกจากนี้ ผลจากการสัมภาษณ์ การสังเกต และการสนทนากลุ่ม นำมาประกอบการวิเคราะห์ เพื่อให้ผลของการวิเคราะห์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) แนวทางการบริหารเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งผู้วิจัยได้พิจารณาตามหลักการบริหารการจัดการ และใช้วิธีการนำเสนอการวิเคราะห์ในรูปแบบพรรณนาวิเคราะห์ (Analytical Description)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษา “แนวทางการบริหารเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช” มีประเด็นสำคัญที่นำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

1. ประเด็นโดยภาพรวมที่เกี่ยวข้องกับ สภาพ ปัญหา อุปสรรค และแนวทางการดำเนินงานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในตำบลพรหมโลก อำเภอพรหมคีรี และตำบลนาทราย อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ประกอบด้วย 1) กลุ่มวิสาหกิจท่องเที่ยวเรือนไทยพรหมคีรี 2) กลุ่มวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวโดยชุมชนพรหมโลก 3) กลุ่มวิสาหกิจชุมชนหนานตาทองฟาร์ม 4) กลุ่มวิสาหกิจชุมชนออร์สิริบ้านรังนก และ 5) กลุ่มแม่บ้านวิสาหกิจชุมชนสวนจันทร์ศรี ส่วนวิสาหกิจชุมชนในตำบลนาทราย ประกอบด้วย 1) วิสาหกิจปลูกผักอแกนิก 2) วิสาหกิจพื้นที่ผ้าป่าเต๊ะ 3) วิสาหกิจเลี้ยงไก่ และ 4) วิสาหกิจเลี้ยงปลา ซึ่งการจัดตั้งของวิสาหกิจทั้ง 2 พื้นที่มีลักษณะคล้ายกันคือ มีการจัดโครงสร้างการทำงาน มีการแบ่งงานตามความถนัด เป็นระบบเครือข่ายหรือระบบอุปถัมภ์มากกว่าระบบคุณธรรม มีการจัดทำบัญชีรูปแบบและเข้าใจง่าย ใช้สื่อสังคมออนไลน์โดยเฉพาะ Facebook ในการประชาสัมพันธ์กลุ่มและสินค้า ขาดองค์ความรู้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ขาดเงินลงทุน และ ยังขาดการสนับสนุนอย่างจริงจังจากภาครัฐ

2. การดำเนินการผลิตสินค้าแปรรูปของวิสาหกิจชุมชนตำบลพรหมโลกและตำบลนาทรายตามหลักเกณฑ์ตามมาตรฐานการผลิต พบว่า

1) ด้านสถานที่ตั้งและอาคารผลิต พบว่า วิสาหกิจผู้ผลิตสินค้าแปรรูปได้ดำเนินการผลิตภายในบริเวณที่พักอาศัยเป็นสถานที่ผลิต เนื่องจากมีความสะดวก ลดเวลาในการเดินทาง มีค่าใช้จ่ายน้อย ส่วนใหญ่มีความต้องการจะปรับปรุงและขยายอาคารผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน แต่ขาดงบประมาณมาช่วยสนับสนุน

2) ด้านเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต พบว่า กลุ่มวิสาหกิจผู้ผลิตสินค้ายังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเลือกเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต และที่สำคัญคือกลุ่มยังขาดแคลนเครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการผลิต

3) ด้านการควบคุมกระบวนการผลิต พบว่า กลุ่มวิสาหกิจผู้ผลิตสินค้าแปรรูปให้ความสำคัญกับการคัดเลือกวัตถุดิบและส่วนผสมที่สะอาด มีคุณภาพ แต่การขนย้ายวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ยังไม่สะดวกเนื่องจากอยู่คนละพื้นที่กับอาคารผลิต

4) ด้านการสุขาภิบาล พบว่า กลุ่มวิสาหกิจผู้ผลิตสินค้าแปรรูปประสบปัญหาภาวะภัยแล้ง และพื้นที่บางส่วนไม่มีน้ำประปาเพื่อการอุปโภคบริโภค ทำให้มีต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้นและพื้นที่การผลิตบางกลุ่มยังไม่สามารถแยกออกจากตัวอาคารบ้านเรือนที่อยู่อาศัย

5) ด้านการบำรุงรักษาและการทำความสะอาด พบว่า กลุ่มวิสาหกิจผู้ผลิตสินค้าแปรรูปให้ความสำคัญและมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการบำรุงและการทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ อยู่เสมอ

6) ด้านบุคลากรและผู้ปฏิบัติงาน พบว่า กลุ่มวิสาหกิจผู้ผลิตสินค้าแปรรูป มีความรู้ความเข้าใจด้านการปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และให้ความสำคัญในด้านความสะอาดและถูกสุขลักษณะ

3. มิติแนวทางการบริหารเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า

1) มิติด้านการบริหารจัดการองค์กร วิสาหกิจชุมชนควรมีการจัดโครงสร้างในการดำเนินงานในรูปแบบการสร้างเครือข่ายวิสาหกิจชุมชน (Community Enterprise Networking) ทั้งภายในและภายนอกวิสาหกิจชุมชน โดยเน้นการมีส่วนร่วมพร้อมทั้งสร้างเครือข่ายการผลิตสำหรับสินค้าหรือบริการที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน รวมถึงกลยุทธ์การสร้างเครือข่ายกับวิสาหกิจชุมชนด้วยการบริหารเทคโนโลยี (Technology Management) ที่เป็นระบบการสื่อสารที่ได้รับความนิยม ต้นทุนต่ำ และมีประสิทธิภาพสูง อาทิ Facebook, Line, Tiktok, YouTube, Instagram, Website ตลอดจนควรสร้างความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องในการบริหารเทคโนโลยีผ่านเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนในการดำเนินกิจกรรมการศึกษาดูงานแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างวิสาหกิจชุมชน ความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนบุคลากรและความเชี่ยวชาญ การพึ่งพาอาศัย ซึ่งเป็นการบริหารจัดการด้านองค์กรที่มีความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง มีรูปแบบที่ยืดหยุ่นและหลากหลาย ให้สอดคล้องกับรูปแบบของวิสาหกิจชุมชนเพื่อเสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขัน การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ มุมมองวิธีคิดที่หลากหลาย วิธีการแก้ปัญหา ความเชื่อมโยงการใช้วัตถุดิบ การพัฒนาแหล่งทรัพยากรหมุนเวียน การสร้างเศรษฐกิจหมุนเวียน เทคโนโลยีสะอาด และเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนร่วมกันระหว่างวิสาหกิจชุมชน ตลอดจนการแลกเปลี่ยนเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์การผลิต และวิธีการบริหารจัดการสู่ความเป็นเลิศ เพื่อสร้างความยั่งยืนให้กับวิสาหกิจชุมชนและเป็นการส่งเสริมการดำเนินงานร่วมกันอย่างยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการกำหนดบทบาทหน้าที่ตามความรู้ความสามารถ เน้นการมีส่วนร่วมภายในและภายนอกกลุ่ม ควรนำระบบคุณธรรมมาใช้มากกว่าระบบอุปถัมภ์ และทุกคนควรปฏิบัติงานได้ในทุกตำแหน่ง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สมชาย น้อยฉ่ำ และ คณะ (2560) ที่ได้ศึกษาการบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชน อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม พบว่าการมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจะส่งผลให้กลุ่มมีการพัฒนาและสามารถส่งให้ผลประกอบการกลุ่มดีทำให้สมาชิกมีรายได้เพิ่มขึ้น

2) มิติด้านการบริหารจัดการผลิต วิสาหกิจชุมชนควรมีการบริหารเทคโนโลยีสำหรับการวางแผนการผลิตด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการวางแผนและการควบคุมการผลิตในวิสาหกิจชุมชน (Technology for Production Planning and Control in Community Enterprise) และการกำหนดตารางการผลิตและการควบคุม (Production Scheduling and Control) ซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการบริหารจัดการผลิตเพื่อแก้ปัญหาด้านการผลิต อาทิ วิสาหกิจผลิตสินค้ามากเกินความต้องการ การใช้งานเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ การส่งมอบสินค้าไม่ตรงตามกำหนด และการแก้ปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ โดยการวางแผนการผลิตสามารถดำเนินการแบ่งออกเป็นระยะ เช่น ระยะสั้น (Short Period) ระยะยาว (Long Period) อันเนื่องมาจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตของวิสาหกิจชุมชนมีความเกี่ยวข้องกับฤดูกาลหรือช่วงเวลาในแต่ละปี รวมทั้งมีการวางแผนการผลิตภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่ในพื้นที่ นำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับการผลิต เพื่อลดต้นทุนจากวัตถุดิบ และสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าได้รวมถึงแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) เพื่อเป็นการยกระดับคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์และสินค้าของวิสาหกิจชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ทิพย์วรรณ จันทร์ และ คณะ (2565) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนแบบยั่งยืนของกลุ่มอาชีพ ในเขตพื้นที่บ้านดอนโรงตำบลเขาพระบาท อำเภอเชียรใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ด้านการผลิต ควรมีการดำเนินการบนพื้นฐานทรัพยากรและผลผลิตอย่างยั่งยืน สร้างรายได้

3) มิติด้านการบริหารจัดการตลาด วิสาหกิจชุมชนควรมีช่องทางในดำเนินงานด้านการตลาดที่สอดคล้องกับยุคดิจิทัล และกลุ่มลูกค้า เช่น มีการใช้สื่อสังคมออนไลน์ในการประชาสัมพันธ์สินค้า การสื่อสารทางการตลาดที่ประทับใจ ง่าย เข้าถึงได้งาน รวมถึงควรมีบริการหลังการขาย และประเด็นที่สำคัญคือ วิสาหกิจชุมชนต้องมีการศึกษาความต้องการของผู้บริโภค (Demand Side) มีการเก็บรวมข้อมูลความต้องการเพื่อนำมาขยายผลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และสินค้าเป็นการกำหนดทิศทางการผลิต และการกำหนดกลยุทธ์ (Positioning) ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคทั้งในปัจจุบันและอนาคต ตลอดจนการพัฒนากระบวนการบริหารจัดการตลาด เพื่อสร้างแบรนด์ที่มีความเป็นเอกลักษณ์ การกำหนดช่องทางการสื่อสารทางการตลาด การส่งเสริมการตลาด เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ รัชดา ภักดิ์ยิ่ง (2563) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาศักยภาพการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดขอนแก่น พบว่า กลุ่มวิสาหกิจต้องมีการส่งเสริมการขายสินค้าผ่านช่องทางเทคโนโลยีสื่อสารผ่านช่องทางออนไลน์ อาทิ Facebook, Line, Tiktok, YouTube, Instagram, Website เป็นต้น ซึ่งถือว่าเป็นช่องทางที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้บริโภคในปัจจุบัน และสุดท้ายด้านการส่งเสริมการขาย

4) มิติด้านการบริหารจัดการทางการเงิน วิสาหกิจชุมชนควรมีบุคลากรที่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเงิน การวางแผนการเงิน มีการระดมทุนจากภาคส่วนต่าง ๆ มีการจัดทำบัญชีอย่างเป็นระบบ มีการจัดการความเสี่ยงเพื่อลดความเสี่ยงของกลุ่มที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อภิสิทธิ์ พรหมชัย และคณะ (2554) ที่ได้ศึกษาความสำเร็จของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านห้วยกาน ตัวชี้วัดความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชนประกอบด้วยด้านการเงิน หรือเงินทุน มีมาจาก 3 แหล่ง คือ เงินทุนตนเอง เงินทุนที่กู้ยืมจากแหล่งเงินกู้ต่าง ๆ และเงินทุนที่ได้มาจากการระดมทุนจากคนในชุมชนเอง

5) มิติด้านการบริหารจัดการเทคโนโลยี วิสาหกิจชุมชนควรมีเทคโนโลยีมาใช้ภายในกลุ่ม อาทิ การใช้ Facebook, Line, Tiktok, YouTube, Instagram, Website มาเป็นสื่อในการประชาสัมพันธ์การดำเนินงานและสินค้าของกลุ่ม นอกจากนี้ควรเรียนรู้และรู้จักเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่สามารถเข้ามาช่วยในการดำเนินงานของกลุ่มให้มากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของปิยะดา พิศาลบุตร (2564) ได้ทำการ ศึกษาเรื่อง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการดำเนินธุรกิจของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดปทุมธานี พบว่า ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่จำเป็นต่อการใช้ทั้งในปัจจุบันและอนาคตควรประกอบด้วย คอมพิวเตอร์เน็ตบุ๊ก หรือตั้งโต๊ะ แท็บเล็ต โทรศัพท์มือถือ และระบบอินเทอร์เน็ต โปรแกรมสำเร็จรูป วิสาหกิจชุมชนควรส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนรู้เกี่ยวกับการเข้าถึงและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชน ในการก้าวสู่ระบบเศรษฐกิจฐานความรู้ และการปรับตัวให้อยู่รอดท่ามกลางสถานการณ์เศรษฐกิจและเทคโนโลยีที่พลิกผัน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเรื่อง “แนวทางการบริหารเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช” พบว่า กลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเขตตำบลพรหมโลกและตำบลนาทราย ควรมีการนำการบริหารจัดการทั้งด้านองค์การด้านการผลิต ด้านการตลาด ด้านการเงิน และด้านเทคโนโลยีมาใช้ในการดำเนินงานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน เพื่อให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีการพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นระบบ เป็นที่พึ่งของชุมชน และสามารถช่วยเหลือชุมชนให้อยู่ได้ด้วยกรพึ่งพาตนเองเป็นสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ นายกเทศมนตรีตำบลพรหมโลก อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช และ นายกองค้การบริหารส่วนตำบลนาทราย อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อนุญาตให้ใช้พื้นที่ในการดำเนินการวิจัย รวมทั้งสนับสนุนข้อมูลผ่านบุคคลและกลุ่มวิสาหกิจ งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและผลการวิจัยสามารถนำไปพัฒนาไปในพื้นที่ได้

เอกสารอ้างอิง

- กนกวรรณ พวงประยงค์, และคณะ. (2563). กลยุทธ์การบริหารจัดการองค์การวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอนุรักษ์ป่าชายเลน บ้านแหลม โสมสแดย์อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารวิชาการ มทร.สุวรรณภูมิ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, 5(1), 56-71.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2564). *วิสาหกิจชุมชน*. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ทิพย์วรรณ จันทรา และ คณะ. (2565). การพัฒนาวิสาหกิจชุมชนแบบยั่งยืนของกลุ่มอาชีพ ในเขตพื้นที่บ้านดอนโรง ตำบลเขาพระบาท อำเภอเชียรใหญ่จังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารมหาดุสิตนครินทร์*, 9(4), 418-435.
- บัญชา อินทะกุล. (2560). *กลยุทธ์การพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพ และขีดความสามารถด้านการบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนจังหวัดเชียงใหม่อย่างยั่งยืน*. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- ปิยะดา พิศาลบุตร. (2564). การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการดำเนินธุรกิจของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดปทุมธานี. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์การเรียนรู้ทางไกลเชิงนวัตกรรม*, 11(1), 118-127.
- รัชดา ภักดียิ่ง. (2563). การพัฒนาศักยภาพการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดขอนแก่น. *Journal of Buddhist Education and Research: JBER*, 6(1), 175-189.
- วนิดา สุวรรณนิพนธ์. (2564). ความสามารถในการแข่งขันบนฐานเศรษฐกิจดิจิทัลของวิสาหกิจชุมชน กลุ่มสินค้าท้องถิ่น ในกรุงเทพมหานคร. *วารสารสถาบันวิจัยและพัฒนา*, 13(1), 1-21.
- วรรณช กุฑา และคณะ. (2561). แนวทางส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพเพื่อเพิ่มศักยภาพการจัดการวิสาหกิจชุมชนอย่าง ยั่งยืน ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยการจัดการและเทคโนโลยีอีสเทิร์น*, 15(2), 499-511.
- วราภรณ์ อ่อนคำ และคณะ. (2564). ศักยภาพในการบริหารจัดการกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกรณีศึกษากลุ่มอาชีพการทอเสื่อ กก แม่บ้านตะวันสีทอง บ้านท่าเสียว ตำบลสะอาด อำเภอโพธิ์ชัย จังหวัดร้อยเอ็ด. *วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น*, 7(6), 255-270.
- สมชาย น้อยฉ่ำ และ คณะ. (2560). การบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชน อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม. *วารสาร เกษมบัณฑิต*, 19(พิเศษ), 130-139.
- ส. ศิริชัย นาคอุดม และคณะ. (2563). *ทุนทางสังคม : ความได้เปรียบเชิงการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชน*. *วารสารนักบริหาร*, 40(1), 115-124.
- อภิสิทธิ์ พรมชัย และคณะ. (2554). ความสำเร็จของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านห้วยกาน. *วารสารการบริหารท้องถิ่น*, 4(2), 16-29.

การออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเองโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของเกษตรกร ผู้ปลูกทุเรียนอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช

วีระยุทธ สดสมบูรณ์*¹ ธนาภรณ์ เมืองมุงคุณ² อภิศันย์ ศิริพันธ์² อนุรักษ์ ตรีเพ็ชร³

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเอง โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของเกษตรกร ผู้ปลูกทุเรียนอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ผู้ให้ ข้อมูลสำคัญ จำนวน 15 คนเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือการวิจัยเป็นแบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง แบบสังเกต และ ประเด็น การสนทนากลุ่ม ผลการวิจัย พบว่า 1) เกษตรกรมีความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะและประโยชน์ของพลังงานแสงอาทิตย์ว่า เป็นแหล่งพลังงานสะอาดเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นพลังงานที่ใช้ไม่มีหมด มีค่าใช้จ่ายน้อย และนิยมใช้ปั๊มสูบน้ำแบบซัมเมอร์ส ในขณะที่ปัญหา คือ เสียค่าไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก มอเตอร์ไฟฟ้าไหม้และชำรุดเสียหายง่าย ดังนั้นต้องการนำพลังงานแสงอาทิตย์ มาใช้ในระบบสูบน้ำเพื่อลดค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ทำให้สามารถลดต้นทุนและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนได้ และ 2) กระบวนการออกแบบระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย (1) ศึกษาปัญหาของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน โดยเฉพาะด้านต้นทุนในการผลิตที่มาจากค่าไฟฟ้าจากการปั๊มน้ำจากแหล่งน้ำของเกษตรกรเองทั้งบ่อน้ำ บ่อดิน หรือสระน้ำ (2) กำหนดแนวทางการแก้ไขด้วยการนำหลักการและความรู้ด้านการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในภาคเกษตร ผ่านการการประชุมหารือร่วมกันบนฐานการมีส่วนร่วมของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนและสมาชิกในครอบครัว และ (3) ออกแบบระบบสูบน้ำ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

คำสำคัญ : การออกแบบ, ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์, พึ่งพาตนเอง, เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม หน่วยวิจัยเทคโนโลยียานยนต์อัจฉริยะ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

²หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

³หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หน่วยวิจัยเทคโนโลยียานยนต์อัจฉริยะ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

¹ Ph.D Industrial Technology Program, Intelligent Automotive Technology Research Unit, Faculty of Industrial Technology, Nskhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, 80280, Thailand

² Industrial Art Program, Faculty of Industrial Technology, Nskhon Si Thammarat Rajabhat University, Nskhon Si Thammarat 80280, Thailand

³Ph.D. in Industrial Technology Program, Faculty of Industrial Technology, Nskhon Si Thammarat Rajabhat University, Nskhon Si Thammarat 80280, Thailand

* Corresponding Author: E-mail: weerayute_sud@nstru.ac.th

Designing of Solar Water Pump System for Self-Reliance in Durian Agricultural of Noppitum District, Nakhon Si Thammarat Province

Weerayute Sudsomboon^{*1} Tanaporn Mueangmungkun² Apisan Siriphan² Anurak Tripetch³

Abstract

This research article is a qualitative research that aims to study the designing of solar water pump system for self-reliance in durian agricultural of Noppitum District, Nakhon Si Thammarat Province. Fifteen of the key informants were selected by purposive sampling. The research instruments were unstructured interviews form, observations forms and focus group discussions. The results of research were found as follows found; 1) farmers understand the characteristics and benefits of solar energy as a clean and environmentally friendly, moreover it cannot be used up, little cost and commonly used summers pumps. However, the problem is that it costs a lot of electricity and the electric motor burns out and is easily damaged. Therefore, there need to use solar energy in the water pumping system to reduce electricity bills, other expenses which can reduce costs and increase income for durian farmers; and 2) the process of designing a solar pumping system consists of (1) studying the problems of durian farmers, especially the cost of production that comes from electricity, pumping water, farmers' own water sources, whether is soil or ponds; (2) determining solutions by applying principles and knowledge of the use of solar energy in agriculture through a discussion meeting based on the participation of durian farmers and their family members; and (3) designing a pumping system using solar energy.

Keywords: Designing, Solar water pump system, Self-Reliance, Durian agricultural

บทนำ

ทุเรียนเป็นผลไม้ที่ได้รับการขนานนามว่าเป็นราชาผลไม้ มีรสชาติอร่อย เป็นที่นิยมทั้งในกลุ่มชาวไทยและชาวต่างชาติ จึงเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญต่อภาคการเกษตร ที่สร้างรายได้มากเป็นอันดับที่ 2 ในสินค้ากลุ่มไม้ผล รองจากมะม่วง ไทยเป็นผู้ส่งออกทุเรียนรายใหญ่ของโลก โดยในปี 2563 ไทยส่งออกทุเรียนสด เป็นอันดับที่ 1 ของโลก มีปริมาณการส่งออก 620,892.72 ตัน มูลค่า 2,072.79 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (คิดเป็นร้อยละ 77.33 ของมูลค่าการส่งออกทุเรียนสดของโลก) ซึ่งมูลค่าการส่งออกทุเรียนสดของไทยเพิ่มสูงขึ้นกว่าในปี 2562 ร้อยละ 41.53 ถึงแม้ว่าปริมาณการส่งออกปี 2563 จะลดลงกว่าปี 2562 ร้อยละ 5.26 นอกจากนี้การขยายตัวของอุปสงค์การบริโภคทุเรียนในตลาดการค้าระหว่างประเทศ โดยเฉพาะจากตลาดการนำเข้าของจีนที่เพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดด ซึ่งได้ส่งผลต่อการปรับตัวของราคาทุเรียนทั้งในตลาดส่งออกและตลาดภายในประเทศ ราคาที่ปรับตัวสูงขึ้นได้สร้างแรงจูงใจต่อการขยายพื้นที่การเพาะปลูกและผลผลิตทั้งในประเทศไทยและในแหล่งผลิตทุเรียนดั้งเดิม เช่น ประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซียและฟิลิปปินส์ อีกทั้งยังมีการขยายพื้นที่เพาะปลูกไปในแหล่งผลิตใหม่ ๆ เช่น ประเทศกัมพูชา เวียดนามและเมียนมา รวมถึงรัฐในภาคเหนือของประเทศออสเตรเลีย ซึ่งแม้ว่าในขณะนี้การเพิ่มขึ้นของอุปทานผลผลิตโดยรวมจะยังไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดด แต่มีแนวโน้มว่าภายในทศวรรษข้างหน้าการขยายตัวของผลผลิตทุเรียนจะมีมากขึ้น หากปัจจัยทางด้านอุปสงค์ทุเรียนในตลาดการค้าโลกมีข้อจำกัดเกิดขึ้น (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ สำนักการค้าสินค้า, 2565) และแหล่งเพาะปลูกทุเรียนที่สำคัญของไทย ได้แก่ จังหวัดชุมพร จันทบุรี ระยอง นครศรีธรรมราช และยะลา แต่สิ่งที่น่ากังวลต่อต้นทุนของการปลูกทุเรียน คือ ทุเรียนเป็นพืชที่ต้องการน้ำมากกว่าพืชประเภทอื่น และในปัจจุบันเกษตรกรใช้น้ำโดยการใช้น้ำไฟฟ้าในการการปั้มน้ำจากบ่อน้ำหรือบ่อน้ำบาดาล หรือแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้า มีค่าใช้จ่ายสูง ซึ่งนั่นหมายถึงต้นทุนที่สูงขึ้นของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนเช่นกัน

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานจากการแผ่รังสีของอาทิตย์ เป็นต้นกำหนดของวัฏจักรของสิ่งมีชีวิตในโลก พลังงานแสงอาทิตย์ จัดเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสูงปราศจากมลพิษ อีกทั้งเกิดใหม่ได้ไม่สิ้นสุด การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในปัจจุบันในรูปแบบแผงโซลาร์เซลล์ ที่สามารถเปลี่ยนแสงแดดเป็นไฟฟ้าเริ่มเป็นที่นิยมและมีราคาถูกลง ถือว่าเป็นพลังงานสะอาด ไม่ปลดปล่อยมลพิษออกสู่สภาพแวดล้อมจึงทำให้ปั้มน้ำที่ใช้น้ำที่ผลิตจากโซลาร์เซลล์ได้รับความสนใจสำหรับครัวเรือน ภาคเกษตรกรรม สนองต่อความต้องการของเกษตรกรและผู้ใช้ น้ำ เพราะมีราคาต้นทุนที่ไม่สูงมาก ลงทุนครั้งเดียวสามารถใช้งานได้ยาวนาน ตามอายุการใช้งานของแผงโซลาร์เซลล์ สามารถใช้ผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้แบบฟรี ๆ โดยไม่มีค่าใช้จ่าย และปัจจุบันระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์กำลังเป็นที่นิยมและได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย ด้วยเหตุผลที่ว่าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นเป็นพลังงานที่ได้มาฟรีและเป็นพลังงานทดแทนที่ใช้ได้อย่างไม่มีวันหมดจึงทำให้ปัจจุบันนี้มีผู้ใช้ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ในกิจกรรมต่าง ๆ เป็นจำนวนมากเช่น การสูบน้ำเพื่อการเกษตร หรือระบบน้ำประปาชุมชน เป็นต้น ซึ่งทำให้สามารถลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิง หรือค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับสูบน้ำลงได้อย่างมาก โดยเฉพาะระบบน้ำประปาของชุมชน ปัจจุบันพบว่ามีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้อย่างแพร่หลายเพื่อช่วยในการลดค่าใช้จ่ายของชุมชน (พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ และคณะ, 2563) นอกจากนี้จากการศึกษาของ องค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น (2563) ซึ่งได้รายงานการติดตามและประเมินผลโครงการก่อสร้างระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (โซลาร์เซลล์ปั้มน้ำ) ประจำปีงบประมาณ 2562 พบว่า การใช้งานระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน เหมาะสมกับการใช้งาน และประหยัดค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ และประชาชนมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการโครงการก่อสร้างระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเอง โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน อำเภอหนองบัว จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อมุ่งสนับสนุนให้เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนได้มีการลดต้นทุนในการปลูกทุเรียนและมุ่งสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ใช้ในครัวเรือนและในภาคเกษตร จนนำไปไปสู่การพึ่งพาตนเองได้ในที่สุด

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ (Qualitative Research Methodology) ด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก การสังเกตการณ์ และการสนทนากลุ่ม กับกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. ขอบเขตด้านประชากร

งานวิจัยนี้ มุ่งเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการ รายงานการวิจัย บทความและเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกจาก กลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก จำนวน 15 คน ประกอบด้วย เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนในเขตอำเภอนบพิตำ จำนวน 5 สมาชิกในครอบครัวเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน จำนวน 5 คน ผู้นำชุมชน จำนวน 2 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จำนวน 3 คน

2. ผู้ให้ข้อมูลหลัก

ผู้ให้ข้อมูลหลัก (key informants) งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการ รายงานการวิจัย บทความและเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกจากกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก จำนวน 15 คน ประกอบด้วย เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนในเขตอำเภอนบพิตำ จำนวน 5 สมาชิกในครอบครัวเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน จำนวน 5 คน ผู้นำชุมชน จำนวน 2 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จำนวน 3 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

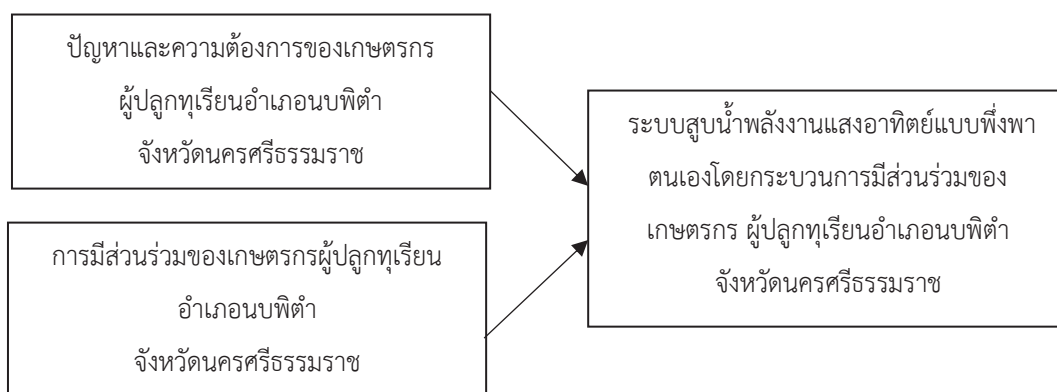
การวิจัยเรื่อง “การออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเองโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช” ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) โดยมีกรอบวิเคราะห์ตามประเด็นที่จะทำการศึกษา ซึ่งอยู่ภายใต้ประเด็นการวิจัย ดังนี้ คือ

3.1 ประเด็นสภาพทั่วไปของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช

3.2 ประเด็นการออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเองโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของเกษตรกร ผู้ปลูกทุเรียนอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช

4. กรอบการวิเคราะห์วิจัย

กรอบการวิเคราะห์การวิจัยเรื่อง “การออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเองโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของเกษตรกร ผู้ปลูกทุเรียนอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช” ผู้วิจัยใช้กรอบการวิเคราะห์โดยใช้แนวคิดเกี่ยวกับการบริหารจัดการโดยเขียนให้เป็นแผนภาพ ดังนี้



5. ขั้นตอนการการสร้างเครื่องมือการวิจัย

ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือการวิจัยแล้วเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ และปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปดำเนินการตรวจหาคุณภาพของเครื่องมือทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยการนำแบบสอบถาม ที่สร้างขึ้นไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านตรวจสอบความถูกต้องและ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและจุดประสงค์ (IOC) ทั้งนี้ หาค่า IOC คัดเลือกข้อที่มีค่าระหว่าง 0.70–1.00 จากนั้นจึงปรับปรุงแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

6. การรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ ผู้ศึกษาได้นำข้อมูลที่ได้รวบรวมได้จากการสัมภาษณ์ทำการวิเคราะห์แยกแยะเป็นประเด็นต่าง ๆ โดยใช้การพรรณนาวิเคราะห์ข้อมูลตามความมุ่งหมายของการศึกษาและตามกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาที่รวบรวมประเด็นได้อย่างมีระบบ นอกจากนี้ ผลจากการสัมภาษณ์ การสังเกต และการสนทนากลุ่ม นำมาประกอบการวิเคราะห์ เพื่อให้ผลของการวิเคราะห์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ใช้วิธีวิเคราะห์เชิงคุณภาพในการวิเคราะห์เนื้อหา แนวทางการบริหารเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งผู้วิจัยได้พิจารณาตามหลักการบริหารการจัดการ และใช้วิธีการนำเสนอการวิเคราะห์ในรูปแบบพรรณนาวิเคราะห์ (Analytical Description)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษา “การออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเองโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช” มีประเด็นสำคัญที่นำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

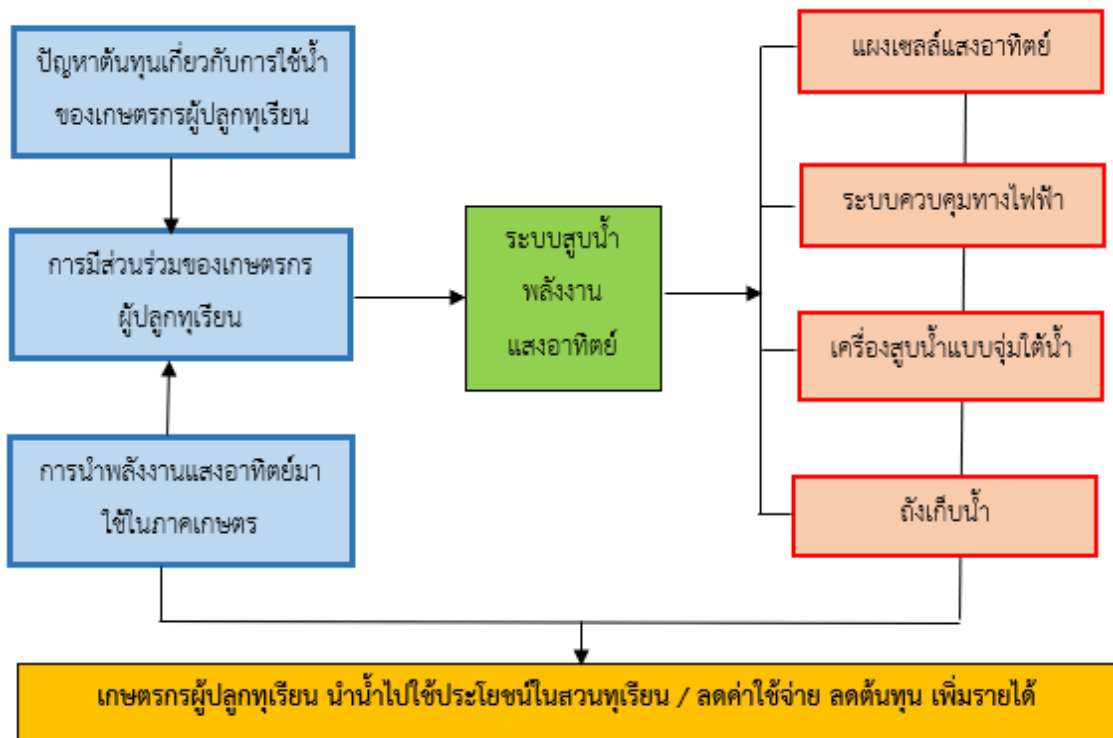
1. สภาพทั่วไปของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า เกษตรกรมีอายุเฉลี่ย 45 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีพื้นที่ปลูกยางพารามาก่อน มีพื้นที่คือเป็นของตนเอง มีประสบการณ์ปลูกยาง เหตุผลที่เปลี่ยนจากการปลูกยางพารามาเป็นทุเรียนเนื่องจากราคาหรือรายได้ต่อเดือนของเกษตรกรที่มีความแตกต่างกันมาก การลงทุนเพื่อผลิตทุเรียนประมาณ 20,000 บาทต่อไร่ มีรายจ่ายสำหรับการปรับพื้นที่ การวางระบบน้ำ และค่าต้นกล้าทุเรียน ส่วนใหญ่เป็นสมาชิกธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร เพราะเป็นแหล่งเงินทุนให้กับเกษตรกรโดยตรง เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการผลิตทุเรียนในระดับมาก และเกษตรกรผลิตทุเรียนตามหลักการที่สำคัญ 6 ด้านของมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ทั้ง 1) ด้านน้ำ เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน มีการจัดระบบระบายน้ำภายในแหล่งผลิต เพื่อไม่ให้มีน้ำท่วมขัง 2) ด้านพื้นที่ปลูก เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน มีการจัดการเส้นทางขนส่งปัจจัยการผลิตและผลผลิตที่สะดวกภายในแปลงผลิตทุเรียน 3) ด้านวัตถุดิบตรงทางการเกษตร เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนพ่นสารเคมีในขณะลมสงบ หลีกเลี่ยงการพ่นในเวลาแดดจัดหรือลมแรง 4) ด้านการจัดการคุณภาพในการบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน มีการพรางแสงให้ต้นทุเรียนที่ปลูกใหม่ด้วยทางมะพร้าวหรือตาข่ายพรางแสง 5) ด้านสุขลักษณะส่วนบุคคล เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน สวมเสื้อผ้าหรืออุปกรณ์ป้องกันสารพิษอย่างมิดชิดทุกครั้งก่อนพ่นสาร และ 6) ด้านบันทึกข้อมูลและการตามสอบ เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน มีการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการปลูกทุเรียนและข้อมูลการใช้สารป้องกันการกำจัดศัตรูพืชและการใช้วัตถุอันตราย ทั้งนี้ เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนต่างให้ความสำคัญกับการผลิตทุเรียนตามหลักการที่สำคัญ เนื่องจากเป็นแนวทางที่จะทำให้ได้ผลผลิตที่ดี มีคุณภาพ ตรงตามมาตรฐานที่กำหนดได้ผลผลิตสูง คู่แข่งกับการลงทุน และเป็นกระบวนการที่ปลอดภัยต่อเกษตรกรและผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของกรรณิการ์ สังขจร และคณะ (2564) ที่ได้ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการผลิตทุเรียนแพนยางพาราของเกษตรกรในโครงการพัฒนาอาชีพชาวสวนยางรายย่อยเพื่อความยั่งยืน ที่พบว่า เกษตรกรผลิตทุเรียนโดยปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีในระดับมาก(13–18 ข้อ) ร้อยละ 79.0 โดยเกษตรกรปฏิบัติมากที่สุด 18 ข้อ และปฏิบัติน้อยที่สุด 8 ข้อ ความรู้เกี่ยวกับการ

ผลិតทุเรียนมีความสัมพันธ์กับการผลិតทุเรียนของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้น หน่วยงานส่งเสริมการเกษตรควรถ่ายทอดความรู้การผลิตทุเรียนแก่เกษตรกร เพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิตทุเรียน

2. การออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเองโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของเกษตรกร ผู้ปลูกทุเรียนอำเภอหนองพิทา จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า

1) เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน มีความเข้าใจคุณลักษณะของพลังงานแสงอาทิตย์ ว่าเป็นแหล่งพลังงานสะอาดเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นพลังงานที่ใช้ไม่มีหมด มีค่าใช้จ่ายน้อย นิยมใช้ปั้มนสูบน้ำแบบซัมเมอร์สมากที่สุด รองลงมาคือ ปั้มนสูบน้ำแบบหยดไข่ง ปั้มนสูบน้ำแบบจุ่มแช่ และ ปั้มนสูบน้ำแบบไดอะเฟรม มีปัญหาคือ เสียค่าไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก มอเตอร์ไฟฟ้าไหม้และชำรุดเสียหาย ต้องการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในระบบสูบน้ำเพื่อลดค่าไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ สอดคล้องกับการศึกษาของ ชัชชนันท์ ฤณอมวรสิน (2563) ได้ที่ศึกษาปัจจัยและผลลัพธ์ของการนำระบบสูบน้ำบาดาลด้วยโซลาร์เซลล์มาใช้ในการทำเกษตร พบว่าระบบโซลาร์เซลล์มีการลงทุนน้อยกว่าระบบสูบน้ำด้วยเครื่องยนต์ปั่นไฟ เพราะประหยัดพลังงานไฟฟ้า ใช้ได้ตลอดไป เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และมีความยั่งยืน

2) กระบวนการออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน อำเภอหนองพิทา จังหวัดนครศรีธรรมราชสามารถสร้างเป็นภาพได้ดังนี้



จากภาพ พบว่า กระบวนการออกแบบระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เริ่มต้นจากปัญหาของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน โดยเฉพาะด้านต้นทุนในการผลิตที่มาจากค่าไฟฟ้าจากการปั้มน้ำจากแหล่งน้ำของเกษตรกรเองทั้งบ่อน้ำ บ่อดิน หรือสระน้ำ จึงนำมาสู่การแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการนำหลักการและความรู้ด้านการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในภาคเกษตร ซึ่งผู้วิจัย ซึ่งเป็นคณาจารย์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จึงนำไปสู่การประชุมหารือร่วมกันบนฐานการมีส่วนร่วมของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนและสมาชิกในครอบครัว เพื่อร่วมกันออกแบบระบบสูบน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์กับคณาจารย์ จนได้ข้อสรุปว่าระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนอำเภอหนองพิทา จังหวัดนครศรีธรรมราช ต้องประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ นำไปสู่อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้า ปั้มน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำ เพื่อเก็บไว้ในถังเก็บน้ำขนาด 1,500 ลิตร

เพื่อให้เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนสามารถนำน้ำไปใช้ประโยชน์ในส่วนทุเรียน เพื่อลดค่าใช้จ่าย ลดต้นทุน เพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล และคณะ (2565) ที่ได้ศึกษาเรื่อง ระบบสูบน้ำเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนฐานรากในระดับครัวเรือน พบว่า ระบบสูบน้ำเคลื่อนที่ที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในเวลากลางวัน เนื่องจากไม่มีค่ากระแสไฟฟ้า อีกทั้งระบบยังดูแลรักษาง่าย ช่วยส่งเสริมการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศลง เป็นต้นแบบของภาคเกษตรกรรมที่ใช้น้ำในปริมาณไม่มาก และยังเป็นกรอนุรักษ์พลังงาน เนื่องจากโซลาร์เซลล์เป็นพลังงานสะอาด

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเรื่อง “ การออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเองโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนอำเภอหนองปีตา จังหวัดนครศรีธรรมราช ” ถือว่าเป็นการออกแบบระบบสูบน้ำที่ทำงานร่วมกันระหว่างเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนสมาชิกในครอบครัว คณาจารย์ในสังกัดมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช เพื่อร่วมกันแก้ไขปัญหาให้กับเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน โดยเฉพาะค่าไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ สรุปได้ว่า ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถลดต้นทุนในการปลูกทุเรียนให้กับเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนภายใต้กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม หมวดเงินอุดหนุนประจำปี 2565 เลขที่สัญญา มรณ.004/2565 โดยสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช และขอขอบคุณท่านนายกองค์การบริหารส่วนตำบลกะหรอ ปลัดองค์การบริหารส่วนตำบลกะหรอ และเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน ตำบลอำเภอหนองปีตา จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ได้ให้ความร่วมมือในการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรรณิการ์ สังขจร และคณะ. (2564). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการผลิตทุเรียนแทนยางพาราของเกษตรกรในโครงการพัฒนาอาชีพชาวสวนยางรายย่อยเพื่อความยั่งยืน. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 52(2), 118-127.
- กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ สำนักการค้าสินค้า. (2565). *ข้อมูลเกษตรรายสินค้า (ทุเรียน) ปี 2565*. นนทบุรี : กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ.
- ชัชชนันท์ ถนอมวรสิน. (2563). ปัจจัยและผลลัพธ์ของการนำระบบสูบน้ำบาดาลด้วยโซลาร์เซลล์มาใช้ในการทำการเกษตร. *วารสารสันติศึกษาปริทรรศน์ มจร*, 7(6), 1677-1687.
- พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ และคณะ. (2563). ระบบสูบน้ำแบบขั้วบันไดพลังงานแสงอาทิตย์ : กรณีศึกษาชุมชนบ้านหินลาด จังหวัดตาก. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 14(1), 209-219.
- ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล และคณะ. (2565). ระบบสูบน้ำเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนฐานรากในระดับครัวเรือน. *Journal of Energy and Environment Technology*, 9(1), 11-22.
- องค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น. (2563). *รายงานการติดตามและประเมินผลโครงการก่อสร้างระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (โซลาร์เซลล์ปั๊ม) ประจำปีงบประมาณ 2562*. ขอนแก่น : ฝ่ายตรวจติดตามและประเมินผลแผนงานโครงการกองแผนและงบประมาณองค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น.

การทดสอบความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ กรณีศึกษา ศูนย์บริการ Isuzu

อดุลย์ พัฒนภักดี^{1*} สหัฐวรรษ สังข์สี²

บทคัดย่อ

น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการบำรุงรักษาและยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ มีหน้าที่ช่วยลดการสึกหรอของเครื่องยนต์โดยที่น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์เข้าไปแทรกระหว่างผิวโลหะของชิ้นส่วนยานยนต์ไม่ให้เกิดการเสียดสีกันโดยตรงนอกจากนี้ น้ำมันหล่อลื่นยังช่วยระบายความร้อนและทำความสะอาดชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องยนต์ บทความนี้ได้กล่าวถึงการทดสอบวัดค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้แล้ว โดยทำการเก็บข้อมูลของรถยนต์ที่เข้าใช้บริการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ ที่ศูนย์บริการรถยนต์ Isuzu แห่งหนึ่ง จำนวน 100 คันในช่วงวันที่ 10 มกราคม 2565 ถึง 30 เมษายน 2565 โดยแบ่งเป็น รถยนต์ที่ใช้น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์กึ่งสังเคราะห์ SAE 10W-30 จำนวน 53 คัน และรถยนต์ที่ใช้น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์สังเคราะห์แท้ SAE 5W-30 จำนวน 47 คัน จากผลการทดสอบค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้แล้วที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสพบว่า น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์กึ่งสังเคราะห์ SAE 10W-30 มีค่าความหนืดเฉลี่ยเป็น 104.28 cSt และน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์สังเคราะห์แท้ SAE 5W-30 มีค่าความหนืดเฉลี่ยเป็น 86.77 cSt

คำสำคัญ: น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ ความหนืด เครื่องยนต์ดีเซล เครื่องวัดความหนืด

¹ ผศ.สาขาวิศวกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม 10900

² นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม 10900

¹ Assist. Prof., Automotive Engineering, Faculty of Engineering, Sripatum University 10900

² Bachelor's Degree., Automotive Engineering, Faculty of Engineering, Sripatum University 10900

*Corresponding author: Tel.094-3260003 E-mail address: adual.pa@spu.ac.th

The viscosity testing of an engine oil: A case study of Isuzu Service Center

Adual Pattanapukdee^{1*} Sahassawas Sungsee²

Abstract

Engine oil is essential for maintaining the engine's health and ensuring its longevity, which is responsible for reducing wear and friction of the engine, therefore relying on engine oil to lubricate between the metal surfaces not to directly affect each other. In addition, the engine oil also helps to cool and clean various parts of the engine. In this study, the viscosity and the temperature effect of various using engine oil are investigated. The amount of 53 units of Isuzu semi synthetic SAE 10W-30 diesel engine oil, and 47 units of Isuzu fully synthetic SAE 5W-30 diesel engine oil, had been collected from the Isuzu car service center during January 10, 2022 –April 30, 2022. From the testing at 30 degrees Celsius, the average mean viscosity of the semi synthetic SAE 10W-30 is 104.28 cSt, and also the average mean viscosity of the fully synthetic SAE 5W-30 is 86.77 cSt.

Keyword: Engine oil, Viscosity, Diesel Engine, Viscosity meter

บทนำ

น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์หรือ น้ำมันเครื่อง เป็นสิ่งจำเป็นของเครื่องยนต์ซึ่งมีหน้าที่ช่วยลดการสึกหรอและเสียดสีของเครื่องยนต์ดังนั้นจึงต้องอาศัยน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์เข้าไปหล่อลื่นระหว่างผิวโลหะไม่ให้กระทบกันโดยตรงนอกจากนี้ น้ำมันหล่อลื่นยังช่วยระบายความร้อนและทำความสะอาดชิ้นส่วนต่างๆและยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ (ประเสริฐ เทียน นิमित และคณะ, 2559) โดยทั่วไปน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์จะแบ่งเป็นน้ำมันเครื่องธรรมดา (Mineral Oil) ผลิตจากน้ำมันหล่อลื่นที่กลั่นจากน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันเครื่องกึ่งสังเคราะห์ (Semi Synthetic) ผลิตจากน้ำมันหล่อลื่นธรรมดาผสมกับน้ำมันหล่อลื่นชนิดสังเคราะห์ในสัดส่วนต่าง ๆ กัน น้ำมันเครื่องสังเคราะห์ (Fully Synthetic) เป็นน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์จากขบวนการทางเคมี สำหรับมาตรฐานของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่บริษัทผู้ผลิตน้ำมันหล่อลื่นและบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ส่วนใหญ่ใช้อ้างอิงจะเป็นมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมยานยนต์แห่งสหรัฐอเมริกา หรือมาตรฐาน SAE (Society of Automotive Engineers) และมาตรฐานของสถาบันปิโตรเลียมแห่งสหรัฐอเมริกา หรือมาตรฐาน API (American Petroleum Institute) มาตรฐาน SAE จะระบุค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ประกอบด้วยตัวเลข 2 ชุด คือ SAE XW-XX โดยตัวเลขชุดหน้าแสดงถึงการวัดค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์มาตรฐานในเขตหนาว (สัญลักษณ์ W) หรือค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิต่ำ โดยวัดช่วงอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ต่ำลงมาจนถึงจุดเยือกแข็งตั้งแต่ 0 องศาเซลเซียสจนถึง -30 องศาเซลเซียส และตัวเลขชุดหลัง แสดงถึงการวัดค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แสดงค่าออกมาเป็นตัวเลขเรียกว่า เบอร์ของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ เช่น SAE 5W-30 ส่วนมาตรฐาน API จะระบุค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์แยกเป็นสองประเภท สำหรับเครื่องยนต์เบนซิน (Spark Ignition Engine) จะใช้อักษรย่อ S ตามหลังตัวอักษร API แล้วตามด้วยตัวอักษรที่บอกระดับคุณภาพของน้ำมัน เช่น API SN สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล (Compression Ignition Engine) จะใช้อักษรย่อ C ตามหลังตัวอักษรย่อ API เช่นกัน เช่น API CJ (มาตรฐาน API, 2565)

ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์จึงเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกใช้น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ถ้ามีความหนืดต่ำ ฟิล์มน้ำมันหล่อลื่นจะบางและเสีयरูปร่างง่ายจึงทำให้ชิ้นส่วนเครื่องยนต์สึกหรอได้ง่าย แต่ถ้า น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์มีความหนืดมากเกินไปจะทำให้เกิดแรงต้านทานในการเคลื่อนที่เป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียกำลังงานของรถยนต์ (Jean-Louis Ligier and Bruno Noel, 2015) การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์เพื่อให้ค่าความหนืดเหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้ใช้รถยนต์ต้องคำนึงถึงเพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ตลอดจนรักษากำลังงานของรถยนต์ให้ดีที่สุด โดยทั่วไปบริษัทผู้ผลิตน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์และศูนย์บริการยานยนต์จะใช้ ระยะทาง 7,500-10,000 km. สำหรับเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์แบบกึ่งสังเคราะห์ และระยะทาง 10,000-15,000 km. สำหรับเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์แบบสังเคราะห์แท้ หรือระยะเวลา 6 เดือน โดยมีได้ตรวจวัดค่าของความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ บทความนี้จะทำการศึกษาและตรวจวัดค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์เพื่อใช้ค่าความหนืดน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์เป็นค่าอ้างอิงในการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์

วิธีการวิจัย

1. เก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ จากรถยนต์ที่เข้ารับบริการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ศูนย์บริการ คันละ 200 -250 มิลลิลิตร พร้อมบันทึกรายละเอียดตามใบงานของศูนย์บริการ
2. นำตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์มาทดสอบหาค่าความหนืดโดยใช้ถ้วยวัดความหนืดจุ่มลงในภาชนะที่บรรจุ น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์แล้วยกขึ้นในแนวตั้ง จับเวลาเมื่อปลายถ้วยวัดความหนืดพ้นจากผิวของน้ำมันหล่อลื่นและหยุดเวลา เมื่อน้ำมันหล่อลื่นที่ไหลออกจากรูกับถ้วยวัดความหนืดขาดออกจากกัน ทำการทดสอบจำนวนสองครั้งเพื่อหาค่าเวลาเฉลี่ย แล้วจึงนำค่าของเวลาเฉลี่ยที่ได้ไปแปลงเป็นหน่วยของความหนืดจลน์ตามตารางการแปลงหน่วยของถ้วยวัดความหนืด (Zahn cup, 2566) โดยทำการทดสอบค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จำนวน 100 ข้อมูล โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์กึ่งสังเคราะห์ SAE 10W-30 จำนวน 53 ข้อมูล และน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์สังเคราะห์แท้ SAE 5W-30 จำนวน 47 ข้อมูล



รูปที่1 แสดงถ้วยวัดความหนืด Zahn Cup และวิธีการวัดค่าความหนืด

3. เลือกตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ในข้อ 2. ที่ค่าความหนืดใกล้เคียงกัน โดยแบ่งเป็นน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์กึ่งสังเคราะห์ SAE 10W-30 จำนวน 10 ข้อมูล และน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์สังเคราะห์แท้ SAE 5W-30 จำนวน 10 ข้อมูล มาทดสอบค่าความหนืดในช่วงอุณหภูมิ 0-75 องศาเซลเซียส (ตามพิภักดขอบเขตค่าความหนืดของถ้วยวัดความหนืด Zahn Cup เบอร์ 2 และ เบอร์ 3 จะอยู่ระหว่าง 20 – 800 cSt)

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากการเก็บข้อมูลรถยนต์ที่เข้ามาใช้บริการในศูนย์บริการจำนวน 100 คันในช่วงวันที่ 10 มกราคม 2565 ถึง 30 เมษายน 2565 ที่ศูนย์บริการรถยนต์แห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร เป็นรถยนต์ที่ใช้น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ยี่ห้อ Isuzu กึ่งสังเคราะห์ SAE 10W-30 จำนวน 53 คัน มีค่าความหนืดเฉลี่ยเป็น 104.28 cSt ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.72 ที่อุณหภูมิทดสอบ 30 องศาเซลเซียส และ สำหรับรถยนต์ที่ใช้น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ยี่ห้อ Isuzu สังเคราะห์แท้ SAE 5W-30 จำนวน 47 คัน มีค่าความหนืดเฉลี่ยเป็น 86.77 cSt ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.83 ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 1-2

ตารางที่1 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ใช้แล้ว SAE 10W-30

ค่าความหนืด (cSt)	101	102	103	105	106	107	109
จำนวน (คัน)	3	3	18	15	11	2	1

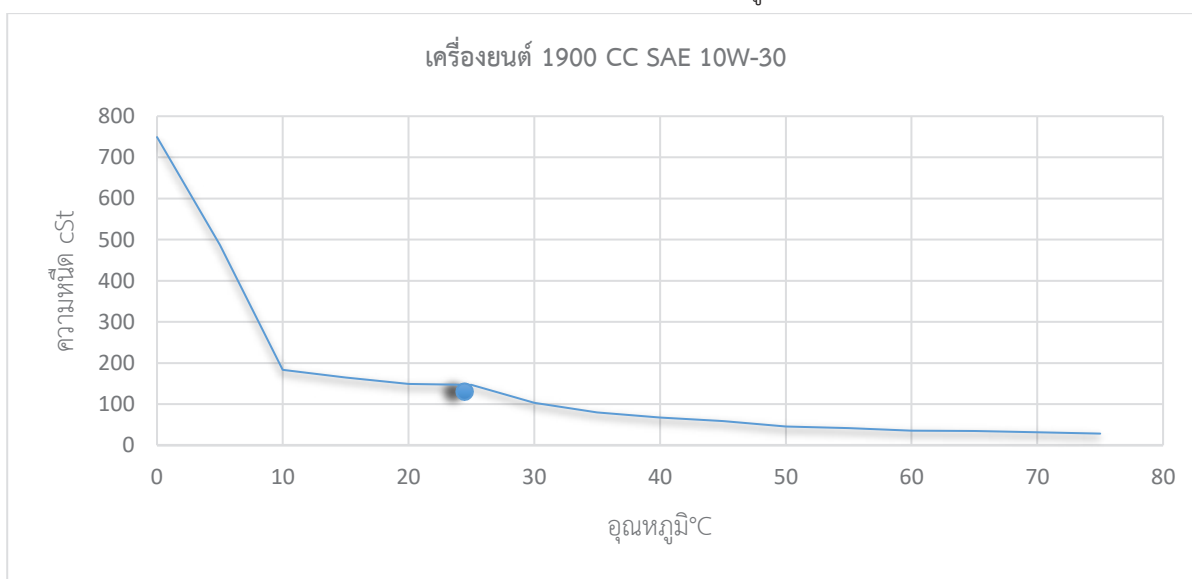
ตารางที่ 2 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ใช้แล้ว SAE 5W-30

ค่าความหนืด (cSt)	80	82	83	85	86	87	90	91	93	94	96
จำนวน (คัน)	7	3	5	2	13	1	3	2	8	1	2

เมื่อแยกพิจารณาค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ใช้แล้ว ตามขนาดของเครื่องยนต์ และอุณหภูมิทดสอบช่วง 0 – 75 องศาเซลเซียสได้ผลการทดสอบดังนี้

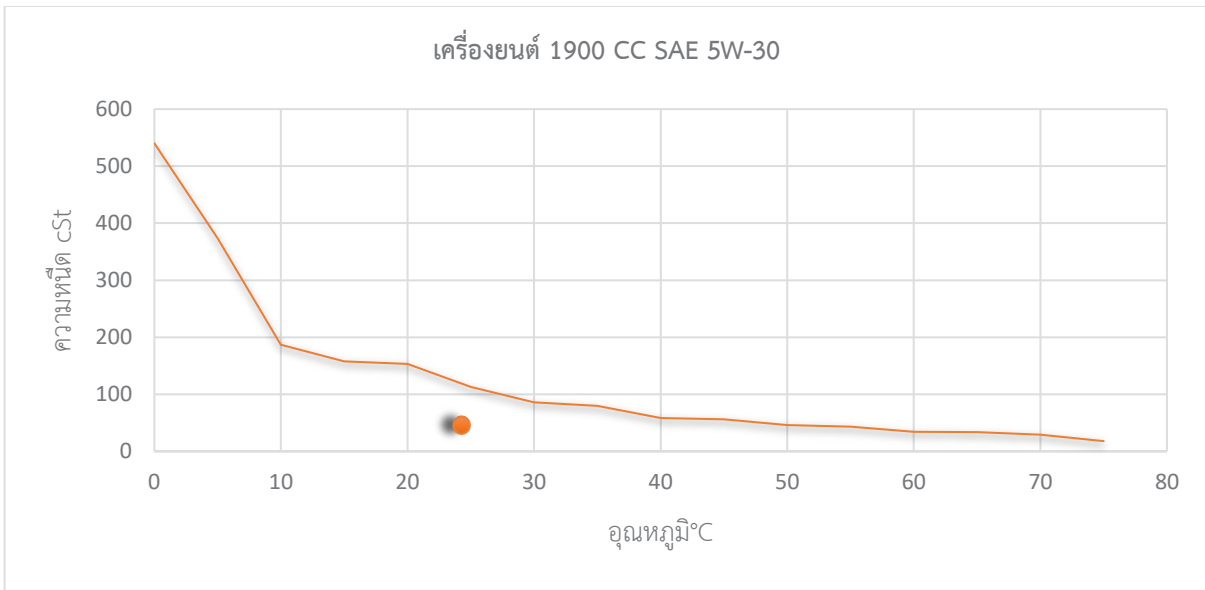
1.1 สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล 1900 CC รหัส RZ4E-TC จำนวนรวมทั้งหมด 41 คัน เป็นรถยนต์ที่ใช้น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์กึ่งสังเคราะห์ SAE 10W-30 จำนวน 22 คัน และรถยนต์ที่ใช้น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์สังเคราะห์แท้ SAE 5W-30 จำนวน 19 คัน ผลการทดสอบค่าความหนืดที่อุณหภูมิอ้างอิง 30 องศาเซลเซียสของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้แล้ว พบว่า น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์กึ่งสังเคราะห์ SAE 10W-30 มีค่าความหนืดเฉลี่ยเป็น 103.14 cSt ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.35 และน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์สังเคราะห์แท้ SAE 5W-30 มีค่าความหนืดเฉลี่ยเป็น 85.47 cSt ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.17

1.2 สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล 1900 CC รหัส RZ4E-TC ค่าความหนืดเฉลี่ยช่วงอุณหภูมิ 0-75 องศาเซลเซียส ของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้แล้วยี่ห้อ Isuzu กึ่งสังเคราะห์ SAE 10W-30 แสดงดังกราฟในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงค่าความหนืดเฉลี่ยของ SAE 10W-30 ที่ใช้แล้วสำหรับเครื่องยนต์ 1900 CC

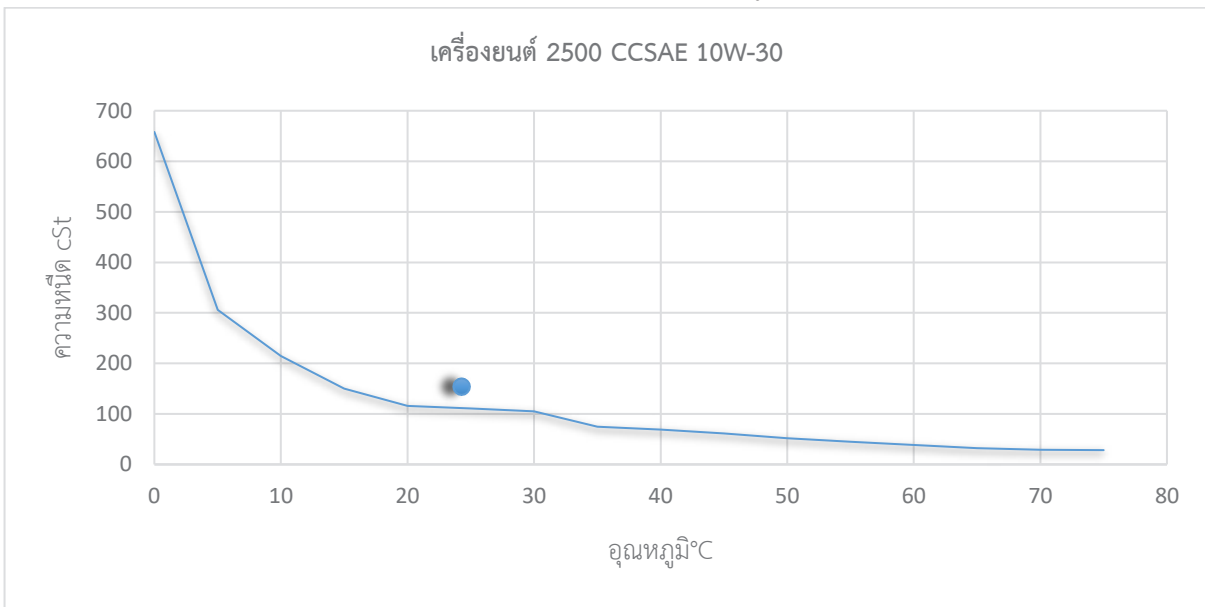
1.3 สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล 1900 CC รหัส RZ4E-TC ค่าความหนืดเฉลี่ยช่วงอุณหภูมิ 0-75 องศาเซลเซียสของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้แล้วยี่ห้อ Isuzu สังเคราะห์แท้ SAE 5W-30 แสดงดังกราฟในรูปที่ 3



รูปที่3 แสดงค่าความหนืดเฉลี่ยของ SAE 5W-30 ที่ใช้แล้วสำหรับเครื่องยนต์ 1900 CC

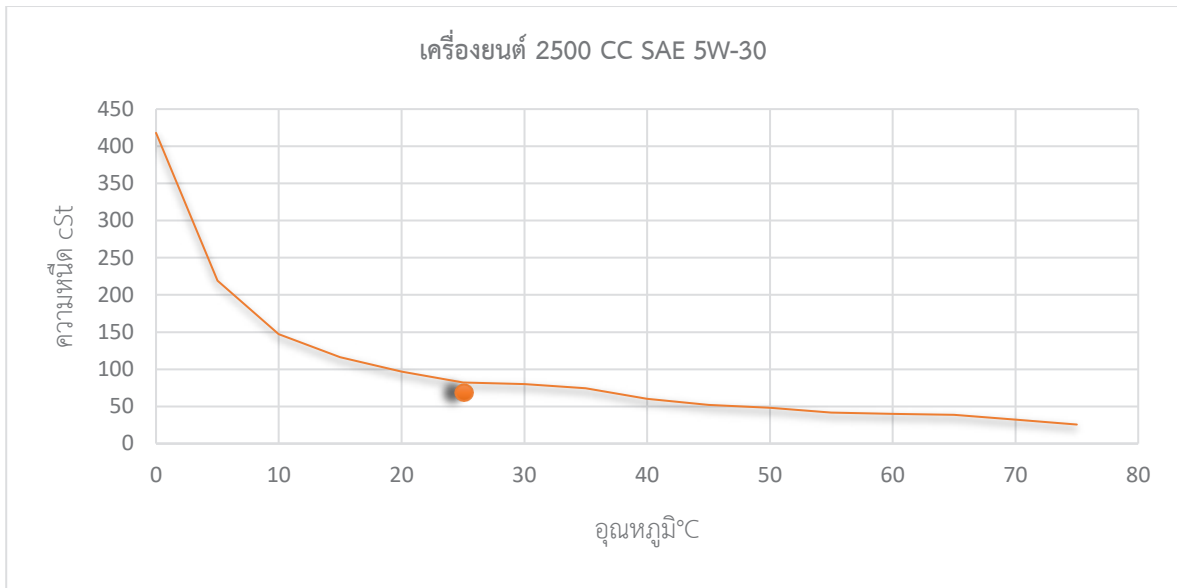
2.1 สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล 2500 CC รหัส 4JK1-TC จำนวนรวมทั้งหมด 30 คัน เป็นรถยนต์ที่ใช้น้ำมันหล่อลื่นกึ่งสังเคราะห์ SAE 10W-30 จำนวน 18 คัน และรถยนต์ที่ใช้น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์สังเคราะห์แท้ SAE 5W-30 จำนวน 12 คัน ผลการทดสอบค่าความหนืดที่อุณหภูมิอ้างอิง 30 องศาเซลเซียสของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้แล้ว พบว่าน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์กึ่งสังเคราะห์ SAE 10W-30 มีค่าความหนืดเฉลี่ยเป็น 104.67 cSt ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.32 และน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์สังเคราะห์แท้ SAE 5W-30 มีค่าความหนืดเฉลี่ยเป็น 81.00 cSt ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.27

2.2 สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล 2500 CC รหัส 4JK1-TC ค่าความหนืดเฉลี่ยช่วงอุณหภูมิ 0-75 องศาเซลเซียส ของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้แล้วยี่ห้อ Isuzu กึ่งสังเคราะห์ SAE 10W-30 แสดงดังกราฟในรูปที่ 4



รูปที่4 แสดงค่าความหนืดเฉลี่ยของ SAE 10W-30 ที่ใช้แล้วสำหรับเครื่องยนต์ 2500 CC

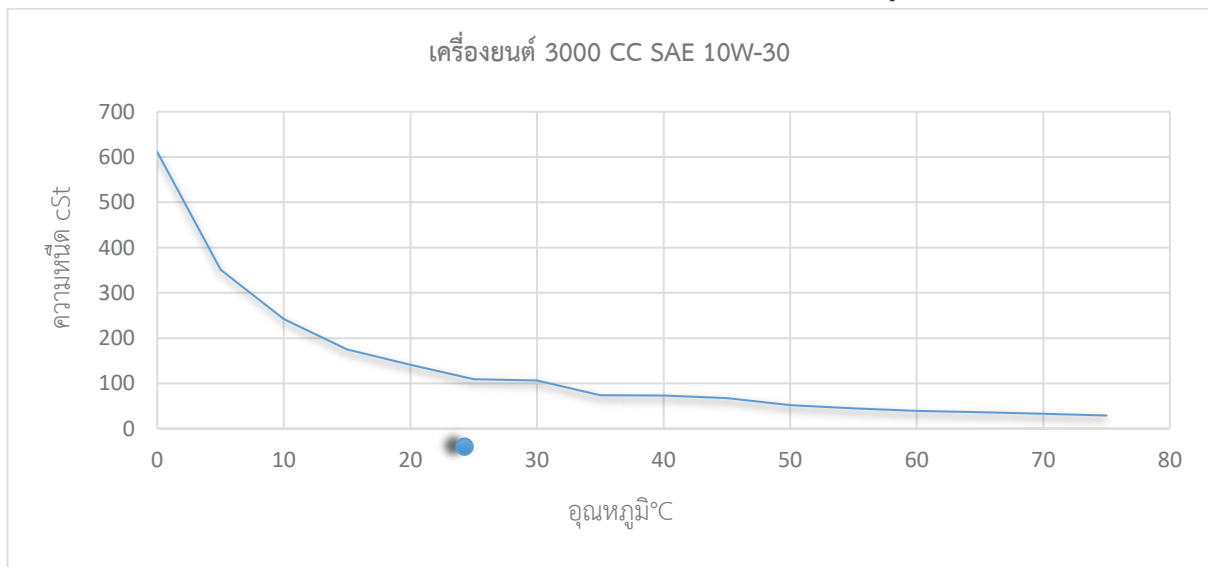
2.3 สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล 2500 CC รหัส 4JK1-TC ค่าความหนืดเฉลี่ยช่วงอุณหภูมิ 0-75 องศาเซลเซียส ของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้แล้วยี่ห้อ Isuzu สังเคราะห์แท้ SAE 5W-30 แสดงดังกราฟในรูปที่ 5



รูปที่5 แสดงค่าความหนืดเฉลี่ยของ SAE 5W-30 ที่ใช้แล้วสำหรับเครื่องยนต์ 1900 CC

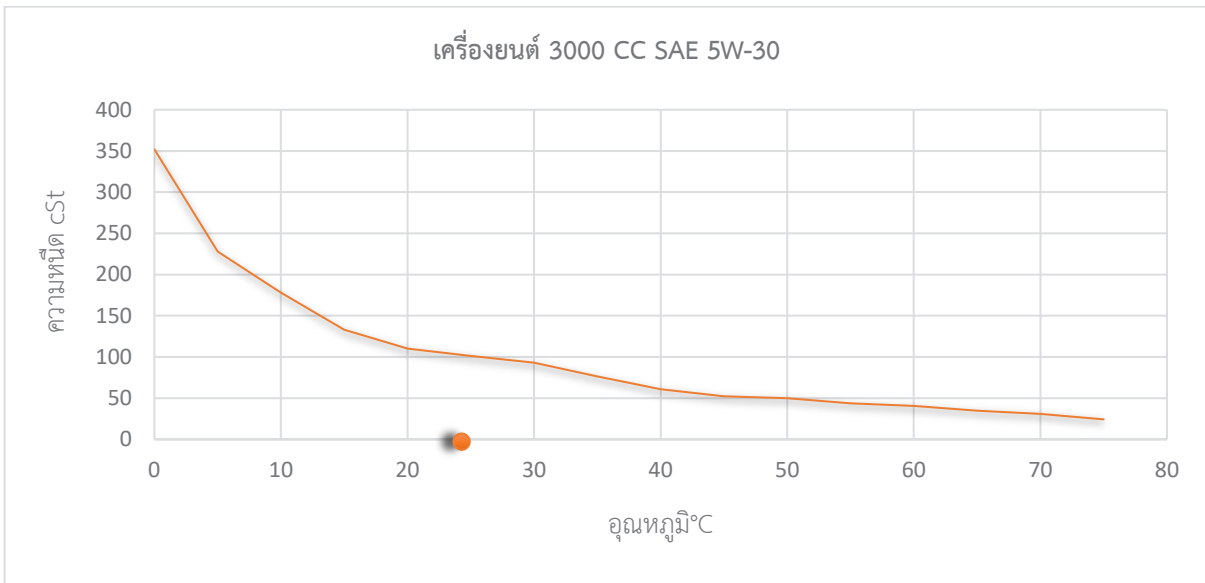
3.1 สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล 3000 CC รหัส 4JJ3-TCX จำนวนรวมทั้งหมด 29 คัน เป็นรถยนต์ที่ใช้น้ำมันหล่อลื่นกึ่งสังเคราะห์ SAE 10W-30 จำนวน 13 คัน และรถยนต์ที่ใช้น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์สังเคราะห์แท้ SAE 5W-30 จำนวน 16 คัน ผลการทดสอบค่าความหนืดที่อุณหภูมิอ้างอิง 30 องศาเซลเซียสของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้แล้ว พบว่าน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์กึ่งสังเคราะห์ SAE 10W-30 มีค่าความหนืดเฉลี่ยเป็น 105.69 cSt ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.54 และน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์สังเคราะห์แท้ SAE 5W-30 มีค่าความหนืดเฉลี่ยเป็น 92.63 cSt ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.85

3.2 สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล 3000 CC รหัส 4JJ3-TCX ค่าความหนืดเฉลี่ยช่วงอุณหภูมิ 0-75 องศาเซลเซียส ของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้แล้วยี่ห้อ Isuzu กึ่งสังเคราะห์ SAE 10W-30 แสดงดังกราฟในรูปที่ 6



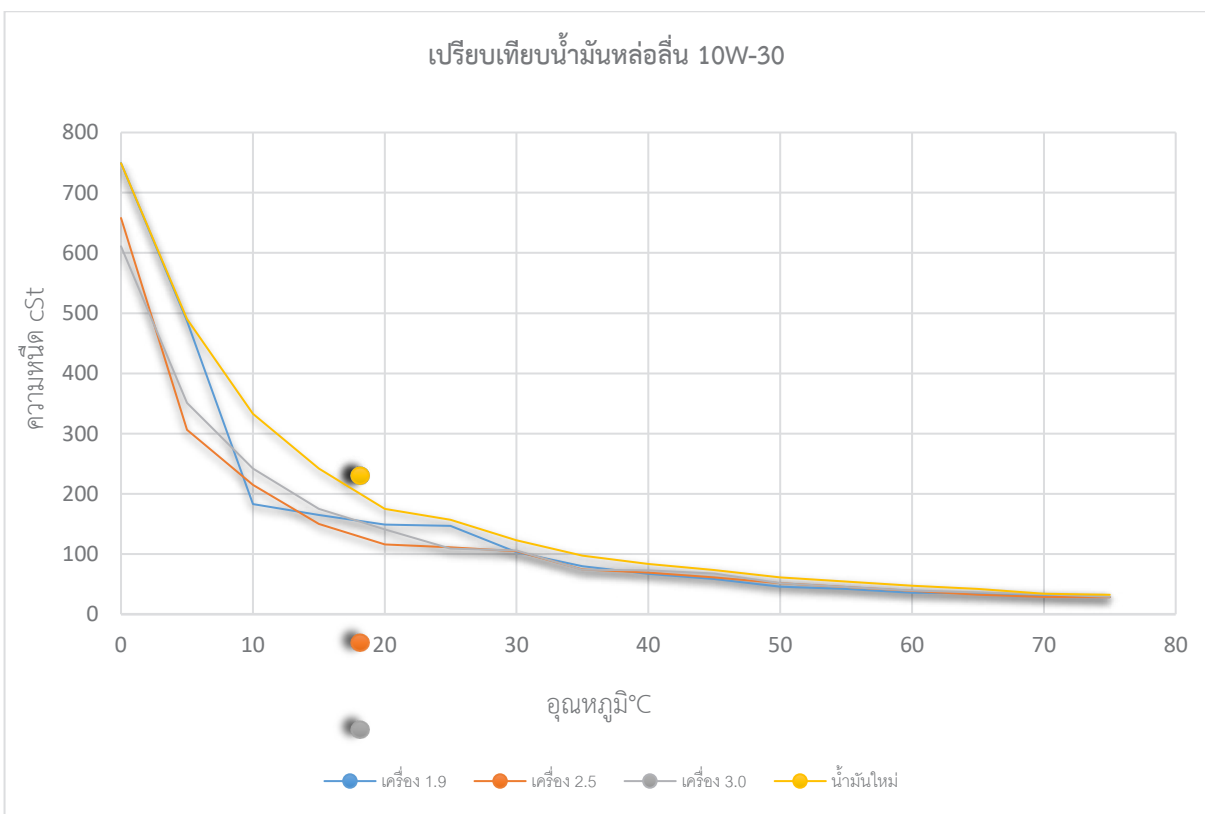
รูปที่6 แสดงค่าความหนืดเฉลี่ยของ SAE 10W-30 ที่ใช้แล้วสำหรับเครื่องยนต์ 3000 CC

3.3 สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล 3000 CC รหัส 4JJ3-TCX ค่าความหนืดเฉลี่ยช่วงอุณหภูมิ 0-75 องศาเซลเซียส ของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้แล้วยี่ห้อ Isuzu สังเคราะห์แท้ SAE 5W-30 แสดงดังกราฟในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงค่าความหนืดเฉลี่ยของ SAE 5W-30 ที่ใช้แล้วสำหรับเครื่องยนต์ 3000 CC

จากผลการทดสอบความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ Isuzu กังสังเคราะห์ SAE 10W-30 ที่ใช้แล้วในหัวข้อที่ 1.2 2.2 และ 3.2 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ใหม่ที่ยังไม่ได้ใช้งานแสดงดังกราฟในรูปที่ 8

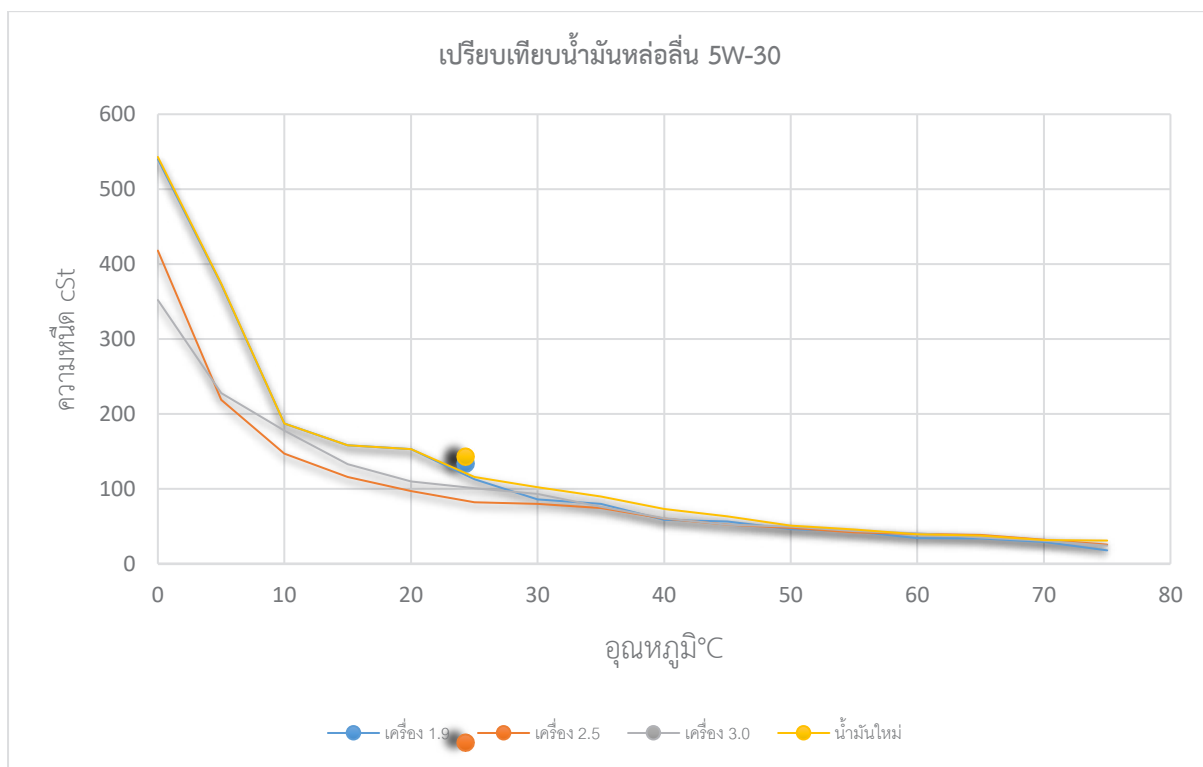


รูปที่ 8 แสดงค่าความหนืดเฉลี่ยของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วกับน้ำมันใหม่ SAE 10W-30

พิจารณาจากรูปที่ 8 ในย่านอุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ กังสังเคราะห์ SAE 10W-30 มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ยังไม่ได้ใช้งาน ส่วนที่อุณหภูมิสูงมีแนวโน้มลดลงเช่นกันแต่เป็นสัดส่วนการลดลงที่น้อยกว่าเช่น ที่อุณหภูมิทดสอบ 75 องศาเซลเซียส ค่าความหนืด

ของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ SAE 10W-30 ที่ยังไม่ได้ใช้งานมีค่า 32.3 cSt ส่วนน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้งานแล้วสำหรับเครื่องยนต์ขนาด 1900cc, 2500cc, และ 3000 cc มีค่าเป็น 28.3 cSt, 28.3 cSt, และ 29 cSt ตามลำดับ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าค่าของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลดลงของค่าความหนืดมากกว่าผลจากสภาพการทำงานและขนาดของเครื่องยนต์

จากผลการทดสอบความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ Isuzu สังกะระห์แท้ SAE 5W-30 ที่ใช้แล้วในหัวข้อที่ 1.3 2.3 และ 3.3 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ใหม่ที่ยังไม่ได้ใช้งานแสดงดังกราฟในรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงค่าความหนืดเฉลี่ยของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วกับน้ำมันใหม่ SAE 5W-30

พิจารณาจากรูปที่ 9 พบว่าค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ SAE 5W-30 มีรูปแบบการลดลงเช่นเดียวกับน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ SAE 10W-30 โดยที่อุณหภูมิทดสอบ 75 องศาเซลเซียส ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ SAE 5W-30 ที่ยังไม่ได้ใช้งานมีค่า 31 cSt ส่วนน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้งานแล้วสำหรับเครื่องยนต์ขนาด 1900cc, 2500cc, และ 3000 cc มีค่าเป็น 17.9 cSt, 25.6 cSt, และ 24.2 cSt ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

จากการเก็บข้อมูลรถยนต์ที่เปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ศูนย์บริการรถยนต์แห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 100 คัน เป็นรถยนต์ที่ใช้น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์กึ่งสังเคราะห์ SAE 10W-30 จำนวน 53 คัน มีค่าความหนืดอยู่ระหว่าง 101-109 cSt ความหนืดเฉลี่ยมีค่าเป็น 104.28 cSt และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.72 และสำหรับรถยนต์ที่ใช้น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์สังเคราะห์แท้ SAE 5W-30 จำนวน 47 คัน มีค่าความหนืดอยู่ระหว่าง 80-96 cSt ความหนืดเฉลี่ยมีค่าเป็น 86.77 cSt และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.83 ที่อุณหภูมิทดสอบ 30 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้แล้วเปรียบเทียบกับค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ใหม่พบว่ามีค่าลดลงมากในช่วงอุณหภูมิต่ำ สำหรับช่วงทดสอบที่อุณหภูมิสูงการลดลงของค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ที่ใช้แล้วจะไม่

แตกต่างจากน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ใหม่มากนัก เนื่องจากการลดลงของค่าความหนืดมาจากผลเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมากกว่าสภาพการทำงานและขนาดของเครื่องยนต์ ดังนั้นหากใช้ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์เป็นเกณฑ์ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันจำเป็นต้องอ้างอิงอุณหภูมิในการทดสอบ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม และศูนย์บริการรถยนต์ Isuzu ที่สนับสนุนงบประมาณอุปกรณ์ทดสอบ และสถานที่ในการเก็บข้อมูลและทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

- ประเสริฐ เทียนนิมิตรและคณะ. (2559). *เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น*, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ซีเอ็ด
- มาตรฐานAPI . (2565). API Standard [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2565, จาก: <https://www.api.org/products-and-services/standards>
- Jean-Louis Ligier and Bruno Noel, *Friction Reduction and Reliability for Engines Bearings*, Lubricants 2015, 3(3), pp. 569-596
- Zahn cup. (2566). Zahn cup [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 31 พฤษภาคม 2566, จาก: https://en.wikipedia.org/wiki/Zahn_cup

การศึกษากระบวนการสร้างซิลิคอนเวเฟอร์สำหรับสารกึ่งตัวนำชนิดไดโอด รุ่น 2EZ24D5

กิตติศักดิ์ เกษแก้ว¹ ณรงค์ สังวาระนที^{1*} นิศากร สังวาระนที² ทับทิม พวงอินทร์³

บทคัดย่อ

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทสารกึ่งตัวนำชนิดไดโอดกำลัง โครงสร้างรอยต่อ P-N พัฒนาและผลิตโดยใช้เทคโนโลยีการผลิตแบบซีมอสทรานซิสเตอร์ ปัญหาในกระบวนการผลิตไดโอดรอยต่อ P-N คือ ความหนาแน่นสนามไฟฟ้าที่บริเวณมุมของรอยต่อ ทำให้ไดโอดเกิดการพังทลาย วิธีการแก้ปัญหาความหนาแน่นสนามไฟฟ้าบริเวณมุมของรอยต่อมีหลายวิธี ซีเนอร์ไดโอดผลิตขึ้นด้วยแรงดันไฟฟ้าซีเนอร์ที่มีความหลากหลายและบางชนิดก็สามารถแปรผันได้ ซีเนอร์ไดโอดบางตัวมีจุดเชื่อมต่อ P-N ที่คมชัด และมีแรงดันไฟฟ้าซีเนอร์ต่ำ จะเกิดการนำไฟฟ้าย้อนกลับเนื่องจากอิเล็กตรอนควอนตัมอุโมงค์ในช่องว่างสั้น ๆ ระหว่างพื้นที่ P และ N เรียกว่า ผลของซีเนอร์หลังจากคลาเรนซ์ซีเนอร์ ผู้วิจัยได้ผลิตซีเนอร์ไดโอดที่ทนแรงดันไฟฟ้าที่สูง เพิ่มทางแยกภายในซีเนอร์ ไดโอดมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างรางจ่ายไฟที่มีความเสถียรพลังงานต่ำจากแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นและให้แรงดันอ้างอิงสำหรับวงจรโดยเฉพาะแหล่งจ่ายไฟที่มีความเสถียร นอกจากนี้ยังใช้เพื่อป้องกันวงจรจากแรงดันไฟฟ้าเกินโดยเฉพาะไฟฟาสถิต กระบวนการผลิตซีเนอร์ไดโอดจากงานวิจัยนี้มี 35 ขั้นตอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของไดโอด ให้มีความแข็งแรง ใช้งานง่าย และทนต่อกระแสไฟฟ้สูง

คำสำคัญ: ซีเนอร์ไดโอด , P-N , คลาเรนซ์ซีเนอร์

¹สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

²สาขาคณิตศาสตร์สารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

³บริษัท อีไอซี เซมิคอนดักเตอร์ จำกัด

¹Applied Physics, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

²Informatics Mathematics, Faculty of Sciences and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

³EIC Semiconductor Company Limited

The Study of The Process of Creating Silicon Wafers For A Semiconductor Material, Model 2EZ24D5

Kittisak Kokaew¹ Narong Sangwaranatee^{1,*} Nisakorn Sangwaranatee² Tubtim Phuangin³

Abstract

Semiconductor electronics have developed a P-N joint structure for power diode, using CMOS transistor manufacturing technology. However, the production process of P-N seam diodes has encountered a problem with high electric field density at the corners of the joint, leading to diode failure. To address this issue, there are various approaches available, including the production of Zener diodes with varying zener voltages, some of which are adjustable. Zener diodes have sharp P-N junctions with low zener voltages and exhibit reverse conductivity due to the Zener effect, in which quantum tunneling electrons cause electron movement between P and N areas. The researcher has developed a zener diode with high voltage resistance by continuously increasing the junctions within the zener diode fiber. This diode is suitable for creating stable low-power power distribution channels from high voltages and providing a reference voltage for circuits, particularly stable power supplies. It can also safeguard circuits from overvoltage, especially static electricity. The production process of the Zener Diode from this research consists of 35 steps to enhance its strength, ease of use, and current resistance.

Keywords: Zener Diode, P-N, Clarence Zener

บทนำ

ไดโอดที่ผลิตขึ้นมาจากรีจิ้นตัวนำ ชนิด P และ N มาต่อกัน มีลักษณะโครงสร้างเหมือนกับไดโอดธรรมดาแตกต่างกัน ตรงการได้ปัสสารกึ่งตัวนำ ชนิด P และ N ซึ่งจะได้มากกว่า ปกติทำให้การใช้งานต่างจากไดโอดธรรมดาซึ่งไดโอดธรรมดาคะใช้งานในช่วงการจ่ายแรงดันไบอัสตรงส่วนซีเนอร์ไดโอดจะใช้งานในลักษณะจ่ายแรงดันไบอัสกลับ เมื่อซีเนอร์ไดโอดได้รับไบอัสกลับถึงค่าแรงดันที่กำหนดซีเนอร์ไดโอดจะนำกระแสและจะเกิด แรงดันตกคร่อมตัวเองคงที่ โดยโครงสร้างของรอยต่อ P-N ซึ่ง ได้แก่ ไดโอดชนิดต่าง ๆ โดยประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นสารกึ่งตัวนำชนิด P และสารกึ่งตัวนำชนิด N ขั้วของสารกึ่งตัวนำชนิด P เรียกว่า แอนโอด (Anode) หรือขั้วบวก และขั้วของสารกึ่งตัวนำชนิด N เรียกว่า แคโทด (Cathode) หรือขั้วลบ ที่บริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N ถูกเรียกว่า รอยต่อ P - N หรือ P - N Junction ที่รอยต่อจะคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่าง ๆ ที่น่าสนใจประโยชน์ สามารถนำประยุกต์ใช้งานได้อย่างดียิ่งไปกว่านั้น รอยต่อ P - N ยังเป็นโครงสร้างพื้นฐานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดต่าง ๆ

วิธีการดำเนินงานวิจัย

กระบวนการผลิตวัตถุดิบตั้งต้นที่นำมาใช้ Silicon Wafer ที่ผ่านการ Dope สารเจือชนิด P หรือ N อย่างใดอย่างหนึ่ง ในที่นี้ จะเรียกว่า Raw Wafer โดยการทำให้ Zener Diode Model 2E224D5 เป็นช่วง Voltage ที่ต่ำตั้งนั้นจะใช้ Raw Wafer ชนิด P ที่มีความเข้มข้นสูงและมีค่าความต้านทานต่ำมาใช้ผลิต Detail Raw wafer เช่น Resist = 0.05-0.06 , T = 350 μm , PIV = 22.92-25.08 V , IR = 0.096 μA , Power = 2 W , Size = 50 mill โดยขั้นตอนมีกระบวนการผลิต 5 ขั้นตอน

1.การสร้างชั้น P-N Junction

- (1) เริ่มจากการทำความสะอาด Raw Wafer ด้วยสารเคมี โดยจะใช้กรดแก่ในการกำจัดโลหะและ Oxide บนผิวของ Raw wafer เพื่อเตรียมแผ่นสำหรับการสร้าง P-N Junction ในขั้นตอนต่อไป
- (2) การสร้าง N Junction ด้วยการใส่สารเจือชนิด N เข้าไป โดยสารเจือที่ใช้คือ Phosphorus จะมีลักษณะเป็นแผ่นสีแดงบาง ๆ ใสระหว่างแผ่น ของ Raw Wafer
- (3) เผาแผ่น Phosphorus เนื่องจาก Phosphorus เป็นสารที่เมื่อเผาแล้วจะเกิดคราบเขม่าและควันที่ฟุ้งกระจายไปทั่ว ดังนั้นจึงต้องเผาก่อนเพื่อลดการฟุ้งกระจายในขั้นตอนต่อไป
- (4) ใช้ความร้อนเพื่อแพร่กระจายเพื่อให้ Phosphorus ซึมเข้าไปในแผ่นเวเฟอร์โดยใช้อุณหภูมิมากกว่า 1000 องศา เพื่อสร้างเป็นชั้น N เพิ่มเข้ามา
- (5) หลังออกจากตู้ Diffusion แผ่น Wafer จะเกาะกันเป็นก้อน ดังนั้นต้องทำการแช่ในกรดแก่เพื่อแยกแผ่นออกจากกันให้ Phosphorus ที่เหลือที่ไม่ได้ Diffuse เข้าไปถูกล้างออกไปจนเหลือแต่แผ่น Wafer ที่มี Phosphorus อยู่ในชั้น Silicon
- (6) จากกระบวนการที่ 4 จะทำให้ Phosphorus ฟุ้งกระจายไปทั่วทั้งตู้จึงมี Phosphorus บางส่วนติดในหน้า P และถูก แพร่กระจายเข้าไปด้วยจึงต้องขัดออก โดยจะขัดออกตามความลึกของ Phosphorus ที่เข้าไป กระบวนการนี้จะใช้ผงทรายที่ควบคุมโดยแรงดันและความเร็วของสายพาน ในการกำหนดความหนาของ Silicon ที่ต้องถูกขัดออก
- (7) ทำความสะอาดทรายจากขั้นตอนการขัดผิวของ Wafer เพื่อทำขั้นตอนต่อไป
- (8) จากนั้นสร้างชั้น P Junction ทำเพื่อเพิ่มชั้น N+ ให้แผ่น Wafer เพื่อให้สามารถยึดเกาะกับชั้น Metal ที่จะนำมาเคลือบในขั้นตอนสุดท้าย โดยจะใส่แผ่นคนละฝั่งกับกระบวนการที่ 2 เพื่อให้ Boron ซึมเข้าแผ่นโดยจะมีแค่ฝั่งเดียวให้การใส่แผ่นจากนั้นโรยผง Al_2O_3 เพื่อให้งานไม่ติดกันแล้วอัดกันใส่ Boat เพื่อเตรียมเข้าตู้โดยจะใช้วิธีเดียวกับ Phosphorus Attachment

(9) ใช้ความร้อนเพื่อแพร่กระจายของ Boron เข้าไป จะมีชั้น P+ เพิ่มเข้ามา ใช้ความร้อนด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่า 1000 องศาเหมือนกับกระบวนการที่ 4

(10) หลังออกจากตู้ โดยแผ่น Wafer จะเกาะกันเป็นก้อน ดังนั้นต้องทำการแช่ในกรดแก่เพื่อแยกแผ่นออกจากกัน ให้ Boron ที่เหลือที่ไม่ได้เผา เข้าไปถูกล้างออกไปจนเหลือแต่แผ่น Wafer ที่มี Boron อยู่ในชั้น Silicon

2. การสร้างกระแสไฟฟ้า

(1) ทำความสะอาด Raw Wafer เพื่อเตรียมแผ่นสำหรับการกำหนดกระแส

(2) ใช้ความร้อนในการกำหนดกระแสไฟฟ้า ในขั้นตอนนี้จะทำเพื่อแพร่ชั้น P และ N เข้าไปในชั้นซิลิกอนให้ลึกขึ้น เพื่อกำหนดค่า Voltage Breakdown ตาม Spec ของเบอร์ 2EZ24D5 วิธีการเหมือนกับการ Diffuse แต่ใช้อุณหภูมิสูงกว่าควบคุม ความลึกด้วยการกำหนดเวลาเป็นชั่วโมง และนำตัวอย่างมาทดสอบค่าไฟฟ้าให้ได้ตาม Spec ที่ต้องการ ถ้าใช้เวลามากเกินไปสารเจือ แพร่เข้าไปลึก ค่า Voltage Breakdown จะยิ่งสูง

(3) หลังออกจากตู้ โดยแผ่น Wafer จะเกาะกันเป็นก้อน ดังนั้นต้องทำการแช่ในกรดแก่เพื่อแยกแผ่นออกจากกัน หลังจากได้ค่าไฟฟ้าที่ต้องการ

(4) การขัดหน้า P และ N เพื่อให้ผิวหน้าเรียบเสมอกัน โดยจะขัดออกไปแค่ชั้นบาง ๆ เท่านั้น เพื่อเตรียมผิวสำหรับ ขั้นตอนต่อไป

(5) ทำความสะอาด Raw Wafer ด้วยสารเคมีหลายขั้นตอน ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากเพราะต้องการให้ผิว Wafer สะอาดมากที่สุด เพื่อเตรียมแผ่นสำหรับการ Oxidation ในขั้นตอนต่อไป

3. กำหนดขนาดของ Dice

(1) ป้องกันกระแสรั่วไหลของแผ่นเวเฟอร์โดยการปลูกชั้น SiO_2 และทำให้ น้ำยา Photo Resistor ติดง่ายยิ่งขึ้น การสร้างชั้น Oxide จะต้องใช้ Oxygen เป็นแก๊สหลัก ทำปฏิกิริยากับความร้อนมากกว่า 1000 องศา

(2) ใช้ น้ำยา Photo Resistor เคลือบผิว wafer ทั้ง 2 ด้าน เพื่อกันสารเคมีกัดเมื่อทำขั้นตอนการกัดร่องด้วยสารเคมี น้ำยา Photo Resistor จะแข็งตัวเมื่อถูกแสงสีขาวยังนั้นในห้องนี้จะใช้แสงสีเหลืองเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำยาแข็งตัวก่อนที่จะเสร็จ กระบวนการ โดยจะกำหนดความหนาของชั้น PR จากรอบของความเร็วในการปั่น จากนั้นเอามาวางลง Hot Plate เพื่อให้ น้ำยา PR แข็งพอที่จะเคลื่อนย้ายไปอบใน Oven ได้

(3) สร้างตารางตามขนาดของเวเฟอร์ที่เราต้องการ ด้านหนึ่งจะเป็นตารางอีกด้านจะเป็นเครื่องหมายบวก จากนั้นเข้า ตู้ที่มีแสงสีขาวยโดยไม่ให้ส่วนที่เป็นเส้นตารางโดนแสง เพราะไม่ต้องการให้แข็ง

(4) เอาส่วนที่ PR ไม่แข็งตัวออกด้วยการแช่ใน Xylene และ NBAC ทำให้เวเฟอร์ออกมาเป็นเส้นตารางที่ไม่มีน้ำยา PR หลงเหลืออยู่ในเส้น

(5) ก่อนที่จะเอาชิ้นงานไปกัดร่องต้องทำการลอกชั้น Oxide ที่ทำไว้ในกระบวนการที่ 1 ออกก่อนเพราะเคมีที่กัดร่อง ไม่สามารถกัด Oxide ออกได้โดยจะใช้ HF ที่เจือจางแล้วเป็นตัวกำจัด Oxide ออก ทั้งด้านที่เป็นตารางและด้านที่เป็นเครื่องหมาย + โดยเครื่องหมาย + นี้จะมีไว้เพื่อดีไซน์งานจากแผ่นกลมขนาด 3 นิ้วเป็นตัวสี่เหลี่ยมตามขนาด Mask

(6) แช่ในสารเคมีเพื่อกัดตามร่องของแผ่นเวเฟอร์ให้ผ่านชั้น P และ N โดยใช้กรดแก่ควบคุมอัตราการกัดจากอุณหภูมิ และเวลาในการแช่ จากนั้นจึงทำการเผา PR ที่เป็นชั้นออกจนหมด ที่อุณหภูมิ 500 – 600 องศา

(7) เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในกระบวนการผลิตเวเฟอร์เพราะจะทำการทำความสะอาดร่องที่ทำการผ่า Junction แล้ว หลังจากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการปกป้อง Junction ไม่ให้เกิดกระแสรั่วไหลดังนั้นต้องมั่นใจว่าในร่องจะไม่มีสิ่งเจือปนใด ๆ อยู่ สิ่งเจือปนที่เป็นโลหะจะก่อให้เกิดการเหนี่ยวนำให้กระแสรั่วไหลก่อนที่จะ Break Down ได้

4.การป้องกันกระแสรั่วไหล

(1) ทำการปลูก Oxide ในร่องเพื่อให้ชั้น Oxide ครอบคลุม Junction ไว้ป้องกันกระแสรั่วไหล โดยจะใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า การตอนแรก หลายร้อยองศาเพื่อไม่ให้ Voltage ที่เรากำหนดไว้เปลี่ยนแปลงไป

(2) ป้องกัน Junction และป้องกันกระแสรั่วไหลอีกชั้นหนึ่ง โดยจะปิด Glass ลงไปให้เต็มร่องในหน้าที่เป็นร่อง ตารางหน้าเดี่ยวนั้น ลักษณะของ Glass ที่ใช้จะเป็นของเหลวสีขาวที่มีความหนืดสูง เมื่อได้ Glass เต็มร่องแล้วจะต้องนำไปทำการ Sintering โดยใช้ความร้อนประมาณ 800 องศา เพื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง จากนั้นทำซ้ำอีกรอบ

(3) ทำการเพิกนสารเคมีกัดในร่อง ในขั้นตอนการเปิดหน้า Die โดยจะทำการปิดน้ำยา PR ให้เข้าในร่อง แล้วนำไปทำให้แห้งด้วยการวางลงบน Hot Plate แล้วจึงนำไปอบอีกรอบให้น้ำยา PR แห้ง

(4) เคลือบแผ่นด้วยน้ำยา PR ด้านที่เป็นร่องตารางเท่านั้น แล้วนำไปทำให้แห้งด้วยการวางลงบน Hot Plate แล้วจึงนำไปอบอีกรอบให้น้ำยา PR แห้งสนิท

(5) กำหนดขอบของ Dice เพื่อเปิดหน้า Contact Area โดยจะปิดหน้า Contact ไม่ให้โดนแสงสีขาวน้ำยา PR จะได้ไม่แข็งตัว

(6) เอาส่วนที่ PR ไม่แห้งออกโดยการแช่สารเคมีด้วย Xylene และ NBAC

(7) จากนั้นทำการเปิดหน้า Die ด้วยการลอกชั้น Glass และชั้น Oxide บริเวณหน้า Dice ออก จะเหลือ Oxide และชั้น Glass แค่นร่องและขอบหน้า Dice เท่านั้นเพื่อเตรียมผิวหน้าสำหรับเคลือบโลหะ

(8) ทำการชุบโลหะนิกเกิล และทำการ Sintering ที่อุณหภูมิ 500-600 องศา เพื่อสร้างชั้นนิกเกิลที่ผิว Wafer ทำเพื่อให้ผิวมีความเป็นโลหะ จะได้เชื่อมต่อกับโลหะที่จะนำมาประกอบเป็นตัวไดโอดได้ จากนั้นทำซ้ำอีกรอบทำเพื่อให้เกิดชั้นโลหะที่แข็งแรงมากขึ้น การยึดเกาะกับโลหะด้วยกันจะยิ่งแข็งแรงและไม่หักง่าย

(9) ในขั้นตอนสุดท้ายนี้จะเคลือบผิว Wafer ชั้นสุดท้ายด้วยทอง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิด Oxide ที่ผิวเมื่อเจอความร้อนและความชื้นในอากาศ ผิวที่เป็นนิกเกิลจะเกิด Oxide บนผิวได้ง่ายดังนั้นจึงต้องเคลือบด้วยทองอีกชั้น

5.ตัดและตรวจสอบแรงดัน

(1) ตัดชิ้นงานให้เป็นสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ตามขนาดที่ Mask 1 ไว้ โดยเมื่อเอาไปทำไดโอดจะใช้ Die 1 ตัว ต่อ Diode 1 ตัว โดย Wafer 1 แผ่นจะตัดออกมาได้ 2000 ตัว คือจะเอาไปทำไดโอดได้ถึง 2000 ตัว

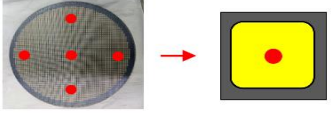

(2) ทำความสะอาด Die เพราะกระบวนการตัดเป็น Dice จะทำให้เกิดคราบสกปรกจากน้ำที่ใช้หล่อไปมีติดบนตัว

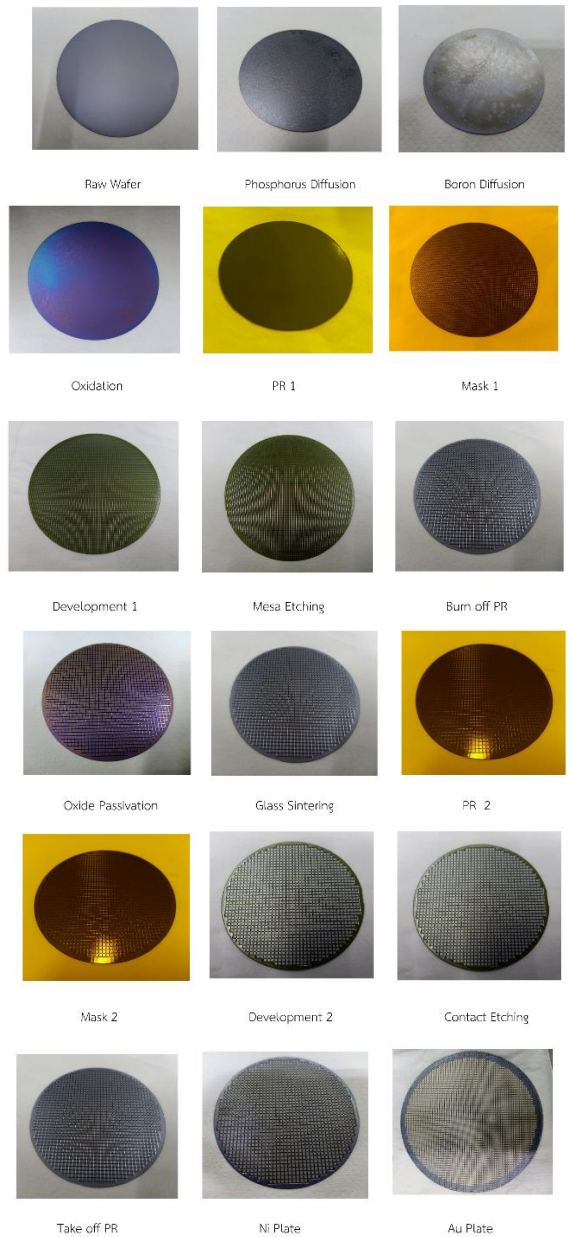
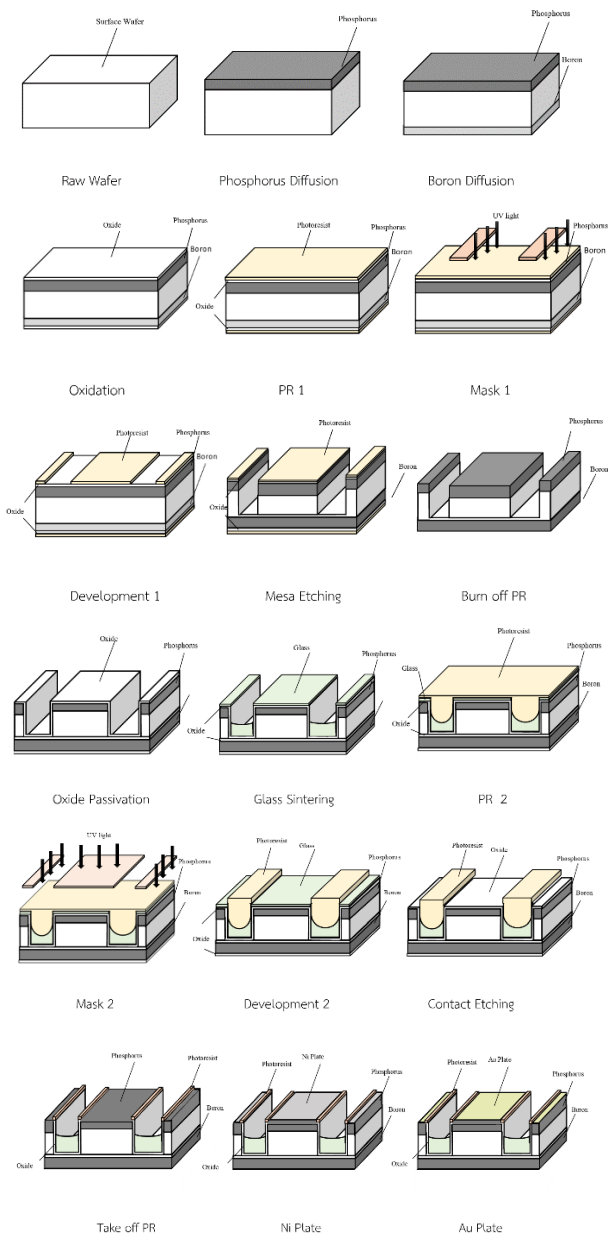
(3) ทำการวัดค่าไฟฟ้าจริง 50 ตัวเพื่อเช็คค่าก่อนที่นำการเข้ารูปเป็น Diode

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ผลของการสร้างซิลิคอนเวเฟอร์

หัวข้อผลการทดลอง	รูปภาพประกอบ	ผลการทดลอง
การสร้างชั้น P-N Junction การสร้างกระแสไฟฟ้า		การวัดค่าไฟฟ้าที่ต้องการเพื่อตรวจสอบค่าที่ขาดและเกินตามกำหนด โดยเมื่อตรวจสอบแล้วนำแผ่น Wafer นั้นออกจากการ

		ทดลองเพื่อไม่ให้มีข้อผิดพลาด เช่น ไดโอดกระแสไฟฟ้าเกินสามารถทำงานนั้น ๆ เสียได้
กำหนดขนาดของ Dice การป้องกันกระแสรั่วไหล ตัดและตรวจสอบแรงดัน		วัดค่าไฟฟ้าที่ต้องการเพื่อตรวจสอบค่ากระแสไฟฟ้าว่ามีกรรั่วไหลหรือไหม (ถ้ามี) ต้องตรวจสอบและนำออกจากการผลิตทั้งหมด
ไดโอด		วัดค่าไฟฟ้าต่าง ๆ ก่อนนำไปทดลองใช้จริง เพื่อประสิทธิภาพ



ภาพที่ 1 กระบวนการสร้างซิลิคอนเวเฟอร์

สรุปผลการวิจัย

คุณสมบัติแต่ละกระบวนการสร้าง Wafer สำหรับ Zener Diode Model 2EZ24D5 การสร้างชั้น P-N Junction จากการศึกษาการสร้าง P-N junction โดยแสดงการวัดค่าไฟฟ้าของ Wafer จำนวน 10 แผ่น แผ่นละ 5 จุดโดยวัดหาค่าแรงดันเบรกดาวน (V_Z) และกระแสไฟฟ้า (IR) เป็นจำนวนทั้งหมด 50 ครั้ง โดยจะมีค่าไฟฟ้าที่ใช้ได้และใช้ไม่ได้ ใช้ได้เป็นจำนวน 46 จุด ใช้ไม่ได้เป็นจำนวน 4 จุด โดยสรุปได้ว่ามีไบอัสตรงและย้อนกลับผิดปกติ มีค่าแรงดันเบรกดาวน V_Z เท่ากับ 21.929 โวลต์ และกระแสไฟฟ้า IR เท่ากับ 0.183 ไมครอนแอมแปร์ 0.105 ไมครอนแอมแปร์ และ 0.256 ไมครอนแอมแปร์ โดยคิดค่าเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ ได้ว่ามีค่าไบอัสตรงและย้อนกลับปกติ 92 เปอร์เซ็นต์ และค่าไบอัสตรงและย้อนกลับผิดปกติ 8 เปอร์เซ็นต์

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ สังวารธนที่ ให้คำปรึกษาและแนะนำให้ความรู้ ขอพระคุณอาจารย์สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ทุกท่านและขอพระคุณพี่ๆ จากบริษัท อีไอซี เซมิคอนดักเตอร์ จำกัด ส่งเสริม วางแผนให้แนวทางในการออกแบบสร้างซิลิคอนเวเฟอร์สำหรับสารกึ่งตัวนำชนิดไดโอดจนสำเร็จลง

เอกสารอ้างอิง

- ณรงค์ สังวารธนที่. (2562). “โซลิตสเตทอิลีกทรอนิกส์” จำหน่ายโดย สาขา ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- ณรงค์ สังวารธนที่. (2559). “วิชาอิลีกทรอนิกส์” จำหน่ายโดย สาขา ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- กรกฎ วัฒนวิเชียร. (2540) “โซลิตสเตทอิลีกทรอนิกส์” สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดุสิต เครื่องาม. (2542) “โซลิตสเตทฟิสิกส์” ฟิสิกส์และการใช้งาน เล่ม 1 และ 2 สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมเกียรติ ศุภเดช. (2549). “เซมิคอนดักเตอร์ ดีไวซ์” แผนกตำราคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สมเกียรติ ศุภเดช และ ดร.ไพรัช รัชพงษ์. (2522). “สิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ” จัดพิมพ์และจำหน่าย โดยสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- โกศล เพชรสุวรรณ และ ดร. มาชามอริ อิตะ. (2522). “เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ” สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิคระหว่าง (ญี่ปุ่น).
- บุญญฤทธิ์ บุญโกลม. (2550). “การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์” มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ระวี พรหมหลวงศรี. (2555). “พื้นฐานทฤษฎีสารกึ่งตัวนำและอุปกรณ์แบบรอยต่อ” คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- นภัทร วิชาเทพิน. (2558) “อุปกรณ์อิลีกทรอนิกส์” บริษัท เอลเว่ (ประเทศไทย) จำกัด.
- นรินทร์ สิริรัตน์วัฒนกุล. (2542). “ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความต่างศักย์ไฟฟ้าของไดโอดชนิดโลหะสารกึ่งตัวนำ” วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Seibundo Shinkosha. (1966). “Handotai no oyo to kaniro” Publishing Co, Ltd.

John Allison. (1971). "Electronic Engineering Materials and Devices" THM Edition, McGraw Hill Publishing company limited.

Robert. F. Pierret. (1996). "Semiconductor Device Fundamentals" Addison-Wesley company, Inc.



Session
คณิตศาสตร์
และคอมพิวเตอร์

การพยากรณ์จำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงโดยใช้ ARIMAX

จิรภัทร คงสังข์^{1*}, ดลชย เลิศวิจิตรอนันต์²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง (Broadband) ตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 ค.ศ.2021 ถึงไตรมาสที่ 3 ค.ศ.2021 ด้วยการพยากรณ์โดยใช้ ARIMAX (Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Factor Models) ด้วยการใช้ข้อมูลจำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงเป็นตัวแปรตาม และใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (Gross domestic product: GDP) ความยาวของถนน และประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตเทศบาลเป็นตัวแปรอิสระ โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 ค.ศ.2016 ถึงไตรมาสที่ 3 ค.ศ.2021 จากนั้นหาตัวแบบที่เหมาะสมซึ่งมีค่า Mean Absolute Percent Error (MAPE) น้อยที่สุด ผลการวิจัยพบว่าตัวแบบ ARIMAX(1,1,1) มี Mean Absolute Percent Error (MAPE) น้อยที่สุดโดยพิจารณาจากค่าพยากรณ์ในช่วง 3 ไตรมาสแรก ค.ศ.2021 ซึ่งมีค่า Mean Absolute Percent Error (MAPE) คิดเป็น 2.36 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่าความแม่นยำพยากรณ์ด้วยตัวแบบ ARIMAX(1,1,1) ค่อนข้างแม่นยำ

คำสำคัญ: การพยากรณ์ ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว อัตราการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง

^{1,2} อาจารย์คณะบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา จังหวัดศรีสะเกษ 33000

^{1,2} Lecturer at the Faculty of Business Administration, Chalermkarnchana University, Sisaket Province 33000

* Corresponding Author: E-mail:research@cnu.ac.th

Forecasting the number of people who register for high-speed internet using ARIMAX

Chiraphat Kongsang^{1*}, Donchaya Lertvijitanan²

Abstract

This research aims to study the number of registered users of broadband internet since the first quarter of 2021 to the third quarter of 2021 with forecasting using ARIMAX (Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Factor Models). It uses the number of people who registered for high-speed internet as a dependent variable. Using gross domestic product (GDP) data, length of roads and the population living in the municipality were independent variables. By collecting data the first quarter of 2016 to the fourth quarter of 2020, then finding a suitable model with the least Mean Absolute Percent Error (MAPE). The results showed that the model ARIMAX (1,1,1) has the least Mean Absolute Percent Error (MAPE) based on the forecast values for the first three quarters of 2021 which has a Mean Absolute Percent Error (MAPE) value of 2.36%, meaning that the model forecasts ARIMAX (1,1,1) is pretty accurate.

Keywords: Forecasting, Gross Domestic Product, Broadband

บทนำ

เนื่องจากที่ผ่านมาประเทศไทยมีอัตราการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง (Broadband) คิดเป็นสัดส่วนประมาณ 47% เมื่อเทียบกับครัวเรือนทั้งประเทศที่มีทั้งหมด 21.58 ล้านครัวเรือน [1] และตลาดอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง (Broadband) เข้าถึงครัวเรือนเพียง 43% เท่านั้น และในช่วงหลายปีที่ผ่านมาตลาดสมาร์ทโฟนและสมาร์ตทีวีเติบโตสูงขึ้น เพื่อให้ตอบโจทย์การใช้งานของสมาชิกในเรือน ทำให้หลายครัวเรือนนิยมติดอินเทอร์เน็ต Broadband แทนการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านซิมมือถือ เพราะมีความคุ้มค่าในการใช้มากกว่า และเนื่องจากสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ในประเทศไทยนี้เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ตลาดเติบโตเป็นเหตุคนไทยหลายคนต้องทำงานที่บ้าน (Work from home) และนักเรียน นักศึกษามีการเรียนการสอนในรูปแบบการเรียนออนไลน์ (Learn from home)

นอกจากนี้อินเทอร์เน็ตได้พัฒนาไปมากกว่าเป็นเพียงแค่การรับส่งอีเมล และยังสามารถทำให้การสืบค้น สารสนเทศได้ในลักษณะสื่อหลายมิติที่เป็นทั้งตัวอักษรภาพ และเสียงด้วยลักษณะเครือข่ายใยแมงมุม หรือ ที่เรียกว่า เวิลด์ไวด์เว็บ เหตุที่เรียกชื่อนี้เพราะว่าเป็นลักษณะของการเชื่อมโยงข้อมูลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งไปเรื่อยๆ ทำให้คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องสามารถใช้งานในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ดังนั้นจึงทำให้อินเทอร์เน็ตกลายเป็นแหล่งวิทยาการที่ครอบคลุมเนื้อหาและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานและกลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันได้ในทุก ๆ ด้าน และเป็นเครื่องมือสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้ทุกคนสามารถ ใช้งานอินเทอร์เน็ตได้อย่างไร้ขีดจำกัด [2]

ดังนั้นอินเทอร์เน็ตจึงมีความจำเป็นเป็นอย่างมาก เพื่อให้การทำงานและการเรียนไม่ติดขัด ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการพยากรณ์จำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงโดยใช้ ARIMAX (Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Factor Models) โดยหาค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบและตัวแปรอิสระที่เหมาะสมที่สุดเพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและพัฒนาในการสื่อสารด้วยอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง (Broadband) ต่อไป

วิธีการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ใช้ข้อมูลตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 ค.ศ.2016 จนถึงไตรมาสที่ 4 ค.ศ.2020 จำนวน 20 ข้อมูล ด้วยข้อมูลต่อไปนี้ [1][3][4][5]

- 1.ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (Gross domestic product: GDP) ความยาวของถนน และประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตเทศบาล
- 2.ตัวแปรตาม ได้แก่ ข้อมูลจำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง

วิธีดำเนินการ

ขั้นที่ 1.เก็บรวบรวมข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (Gross domestic product: GDP) ความยาวของถนน และ ประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตเทศบาล และข้อมูลจำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 ค.ศ.2016 จนถึงไตรมาสที่ 4 ค.ศ.2020 จำนวน 20 ข้อมูล

ขั้นที่ 2. แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด โดยชุดแรกใช้สำหรับสร้างตัวแบบโดยตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 ค.ศ.2016 จนถึงไตรมาสที่ 4 ค.ศ.2020 จำนวน 20 ข้อมูล (เนื่องจากข้อมูลทุติยภูมิที่ค้นพบเป็นข้อมูลตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 ค.ศ.2016 จนถึงไตรมาสที่ 3 ค.ศ.2021) และชุดที่สองใช้สำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้าโดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 ค.ศ.2021 จนถึงไตรมาสที่ 3 ค.ศ.2021 จำนวน 3 ข้อมูลแล้วนำมาคำนวณโดยใช้โปรแกรม R

ขั้นที่ 3. พิจารณาลักษณะกราฟอนุกรมเวลาของจำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง เพื่อความนิ่งของข้อมูล

ขั้นที่ 4. คำนวณหา Autocorrelation Function (ACF) และ Partial Autocorrelation Function (PACF) ของจำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง เพื่อพิจารณาพารามิเตอร์ p และ q ของตัวแบบ ARIMA

ขั้นที่ 5. เปรียบเทียบตัวแบบโดยเลือก MAPE, BIC Ljung-Box Q(18) ที่ต่ำที่สุด และค่า p-value ที่มากกว่า 0.05

ขั้นที่ 6. ทำการพยากรณ์ตัวแบบ ARIMA

ขั้นที่ 7. นำตัวแปรอิสระมาทำการพยากรณ์ร่วมกับตัวแบบ ARIMA

ขั้นที่ 8. เลือกตัวแบบ MAPE, BIC และ Ljung-Box Q(18) ที่ต่ำที่สุด และค่า p-value ที่มากกว่า 0.05 นำมาพยากรณ์ในอีก 3 ไตรมาสถัดไป

วิธีการทางสถิติที่ใช้ในงานวิจัย

ตัวแบบ ARIMA

กำหนดให้ Y_t เป็นข้อมูลอนุกรมเวลา ณ เวลา t และกำหนดให้ ε_t เป็นค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม ณ เวลา t และกำหนดตัวแบบ Autoregressive Integrated Moving Average อันดับ p, d และ q หรือ ARIMA(p,d,q) เขียนได้ด้วยสมการ [6]

$$Y'_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i Y'_{t-1} + \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

เมื่อ β_i, θ_j เป็นสัมประสิทธิ์ค่าคงที่ ที่มีพารามิเตอร์ p, d, q เป็นจำนวนเต็มตั้งแต่ศูนย์ขึ้นไป และ $Y'_t = (1 - B)^d Y_t$ โดยที่ $B^k Y_t = Y_{t-k}$ เรียกตัว B ว่า Backshift notation ดังนั้น

กรณี $d=0$ จะได้ว่า $Y'_t = Y_t$

กรณี $d=1$ จะได้ว่า $Y'_t = (1 - B)Y_t = Y_t - Y_{t-1}$

กรณี $d=2$ จะได้ว่า $Y'_t = (1 - B)^2 Y_t = (1 - 2B + B^2)Y_t = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2})$

ตัวแบบ ARIMAX

กำหนดให้ X_t เป็นข้อมูลอนุกรมเวลา ณ เวลา t ที่มีตัวแปรอิสระขึ้นกับ Y_t ตัวแบบ Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous factors หรือ ARIMAX เขียนให้อยู่ในรูปดังนี้

$$Y'_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i Y'_{t-1} + \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-1} + \sum_{k=1}^r \delta_k X'_{t-k} + \varepsilon_t$$

เมื่อ δ_k เป็นสัมประสิทธิ์ค่าคงที่ r เป็นจำนวนเต็มตั้งแต่ศูนย์ขึ้นไป และ $Y'_t = (1 - B)^d Y_t$

และความแม่นยำของการพยากรณ์จะพิจารณาจากค่า Mean Absolute Percent Error (MAPE) โดยคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{Y_t} \right|$$

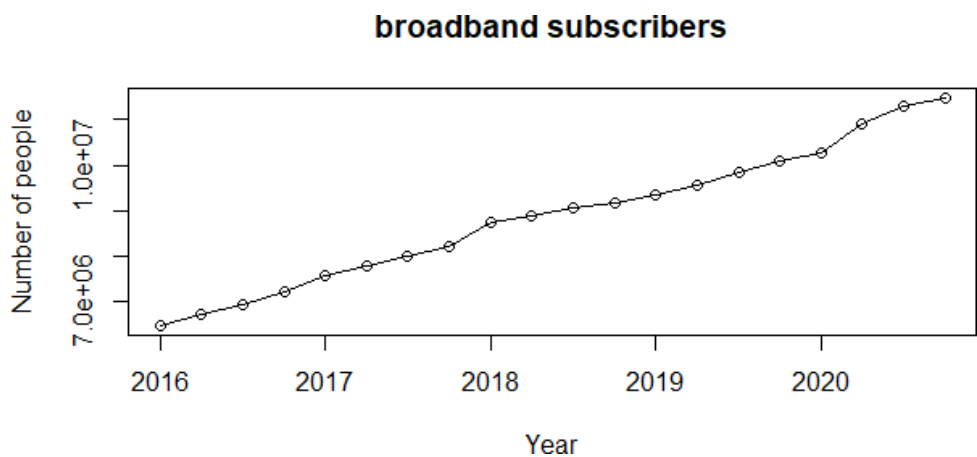
เมื่อ n เป็นจำนวนข้อมูลอนุกรมเวลา และ e_t เป็นค่าคาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา t และทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาดเคลื่อน (Residual Autocorrelation) ของตัวแบบได้จากการทดสอบ Ljung-Box Q(18) ดังสมการ

$$Q_{LB} = n(n+2) \sum_{i=1}^t \frac{r_k(e)^2}{n-k}$$

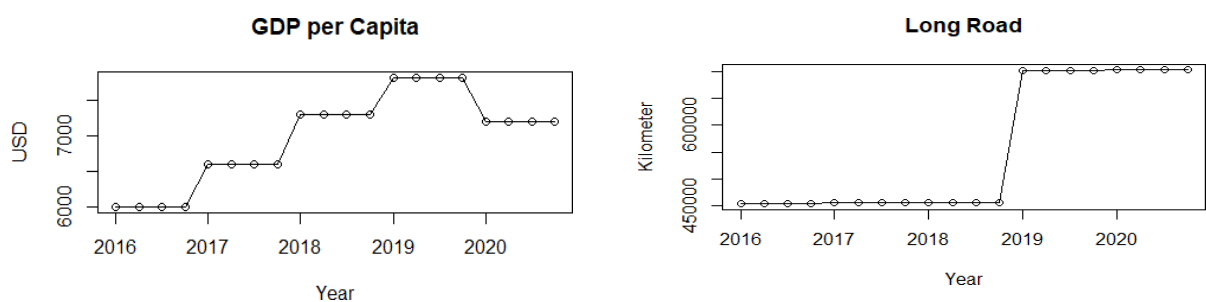
เมื่อ $r_k(e)$ เป็นความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่มีระยะห่างของเวลาเท่ากับ k (Lag k) โดยตัวแบบที่ดีจะต้องมีค่า MAPE น้อยและการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาดเคลื่อน (Residual Autocorrelation) ไม่มีนัยสำคัญจากการทดสอบ Ljung-Box Q(18)

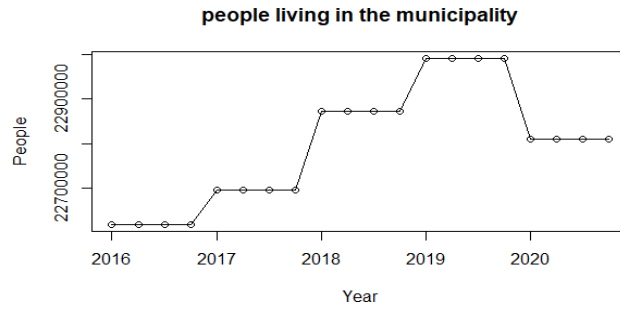
ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ลักษณะความเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของจำนวนผู้ที่ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง (คน) เป็นดังนี้



รูปที่ 1 อนุกรมเวลาของตัวแปรต้นของจำนวนผู้ที่ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง (คน)





รูปที่ 2 อนุกรมเวลาที่เป็นตัวแปรอิสระของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (USD) ความยาวของถนน (กิโลเมตร) และประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตเทศบาล (คน)

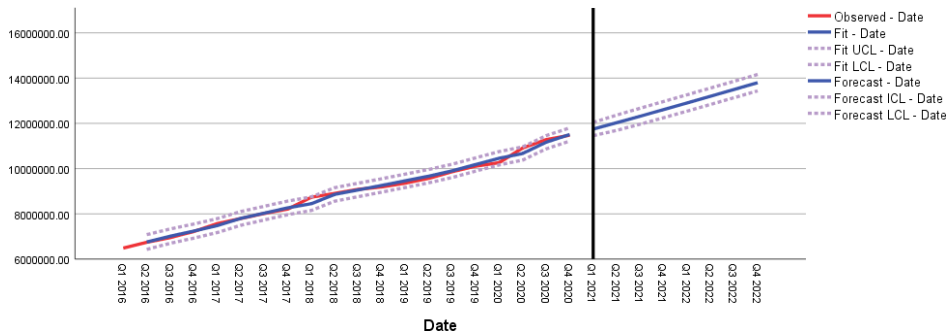
ผลการคำนวณหา Autocorrelation Function (ACF) และ Partial Autocorrelation Function (PACF) ของจำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงเพื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ p และ q ของตัวแบบ ARIMA มีดังนี้

ตารางที่ 1 ตัวแบบที่เป็นไปได้ของจำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง

ตัวแบบ	Lag of p (AR)	Lag of q (MA)	Difference (d)	MAPE	Ljung-Box Q(18)	Sig.	BIC
A	1	0	0	4.1294	10.4599	0.8832	27.472
B	1	1	0	3.3511	3.9728	0.9989	27.784
C	1	0	1	1.0021	14.4241	0.6368	24.479
D	1	1	1	0.8981	13.0196	0.6713	24.589

จากตารางที่ 1 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ค่า MAPE เป็นเกณฑ์พบว่าตัวแบบ D ที่ ARIMAX(1,1,1) ให้ค่า MAPE ต่ำสุดคือ 0.8981 ดังนั้นเราจึงนำตัวแบบนี้ไปใช้พยากรณ์จำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงในอีก 3 ไตรมาสถัดไป จากการพยากรณ์จำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงจากตัวแบบ D อีก 3 ไตรมาสข้างหน้า จะเป็นไปตามรูปที่ 1 และตารางที่ 2 ดังนี้

รูปที่ 1 ผลลัพธ์ของการพยากรณ์จำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงตัวแบบ D



ตารางที่ 2 พยากรณ์จำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงจากตัวแบบ D ในอีก 3 ไตรมาสข้างหน้า

ปี	จำนวนผู้ลงทะเบียน ใช้งานจริง	ARIMAX(1,1,1)	
		ค่าพยากรณ์	%ค่าความคลาดเคลื่อน
ไตรมาสที่ 1, 2021	11,876,159.00	11,747,628.95	128,530.05
ไตรมาสที่ 2, 2021	12,345,239.00	12,028,907.71	316,331.29
ไตรมาสที่ 3, 2021	12,754,096.00	12,316,979.60	437,116.40
RMSE = 320,237.52 MAPE = 2.3573			

จากผลการศึกษาการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ ARIMAX พบว่าตัวแบบ D มีค่า MAPE ของค่าพยากรณ์เท่ากับ 2.36% และมีค่า RMSE ของค่าพยากรณ์เท่ากับ 320,237.52 ดังนั้นตัวแบบ ARIMAX (1,1,1) ที่ได้ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการคือ

$$N_t = 33,979,128.08 - 0.2645N_{t-1} + 286.0013GPC_t + 0.2624LR_t - 1.5728P_t + \varepsilon_t$$

เมื่อ N_t แทนจำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ณ เวลา t หน่วยเป็นคน

GPC_t แทนผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว ณ เวลา t (GDP per Capita) หน่วยเป็นดอลลาร์สหรัฐ (USD)

LR_t แทนความยาวของถนน ณ เวลา t (Long road) หน่วยเป็นกิโลเมตร

P_t แทนประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตเทศบาล ณ เวลา t (Population) มีหน่วยเป็นคน

ε_t แทนค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม ณ เวลา t (Random Error or Residual)

สรุปผลการวิจัย

จึงสรุปได้ว่าจากการพยากรณ์จำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 ค.ศ.2016 ถึงไตรมาสที่ 4 ค.ศ.2020 เพื่อคาดการณ์จำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงในอีก 3 ไตรมาสข้างหน้า ตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 ค.ศ.2021 จนถึงไตรมาสที่ 3 ค.ศ.2021 พบว่าตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดคือ ARIMAX(1,1,1) โดยมีค่าคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ 2.36 เปอร์เซ็นต์เมื่อทำการพยากรณ์ไปจนถึงค.ศ.2022 จะเห็นได้ว่าจำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆในแต่ละปี ซึ่งหากต้องการความแม่นยำในการพยากรณ์หรือ การสร้างแบบจำลองที่สามารถอธิบายข้อมูลให้มากขึ้นนั้นควรที่ศึกษาข้อมูลที่ศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรอิสระที่เป็นเหตุผล หรือจากพฤติกรรมคนผู้คนที่ใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงด้วย ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ศึกษาตัวแปรอิสระในเฉพาะส่วนที่เป็น ปัจจัยพื้นฐานด้านโครงสร้างของประเทศเท่านั้น แต่ไม่ได้ใช้ข้อมูลในส่วนของตลาดมาใช้ร่วมด้วย ดังนั้นเพื่อให้ได้แบบจำลองที่เหมาะสมควรศึกษาจากงานวิจัยอื่นๆ เพิ่มเติม รวมทั้งศึกษาวิธีการพยากรณ์แบบอื่นๆ ด้วย จากผลการพยากรณ์จำนวนผู้ลงทะเบียนใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงพบว่าค่อนข้างมีความแม่นยำเป็น อย่างมาก ซึ่งแบบจำลองและผลที่ได้จากการพยากรณ์นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนด้านโครงสร้าง ของประเทศ และวางแผนด้านการตลาดที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารและเทคโนโลยีที่จะเกิดขึ้นในอนาคตเพื่อที่จะอำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์ได้มากยิ่งขึ้น

อ้างอิง

- [1] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2564). จำนวนประชากรจากการลงทะเบียน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา:<https://www.oic.or.th/en/consumer/news/releases/92357> [2565, 15 มกราคม].
- [2] อรรถพล อิมวีไลวรรณ. (2563). พฤติกรรมและปัญหาการใช้อินเทอร์เน็ตในสถานศึกษา ในยุค Internet of Things (IoT). วารสารมหาจุฬาริชาการ., 7(3), 186-197.
- [3] กสทช. (2021). จำนวนผู้ลงทะเบียนใช้บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง, แหล่งที่มา: http://ttid.nbtc.go.th/internet_sub สำนักงานสถิติแห่งชาติ. [2565, 15 มกราคม].
- [4] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. (2021). ความยาวถนนของประเทศไทย. แหล่งที่มา: <https://datagov.mot.go.th/dataset/thailand-road-length>. [2565, 15 มกราคม].
- [5] World Bank. (2022). GDP per capita (current US\$) - Thailand, แหล่งที่มา:<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?locations=TH>. [2565, 7 มกราคม].
- [6] Jadhav, V., CHINNAPPA, R. B., & Gaddi, G. M. (2017). Application of ARIMA model for forecasting agricultural prices. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 19, 981

การพัฒนาาระบบแจ้งเตือนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์
 โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

โพธิเศรษฐ์ โพธิ์ปลอด^{1*} เย็นฤดี หนูเพชร¹ เกวลิน เกื้อสุข²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาาระบบแจ้งเตือนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 2) เพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบแจ้งเตือนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาาระบบแจ้งเตือนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ ตามกรอบแนวคิดการวิจัยอ้างอิงมาตรฐาน ITIL การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันใช้รูปแบบวงจรการพัฒนาาระบบ ภาษา PHP และโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MYSQL นอกจากนั้นได้ใช้ LINE Notify ในการแจ้งเตือนการรับแจ้งซ่อม การประเมินความพึงพอใจ สำหรับกลุ่มตัวอย่าง คือ คณาจารย์ จำนวน 115 คน และเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำนวน 107 คน รวมทั้งสิ้น 222 คน ผลการวิจัย พบว่า ความพึงพอใจในภาพรวมของระบบแจ้งเตือนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช อยู่ในระดับพอใจมากที่สุด ($= 4.39$, S.D. = 0.22) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลรายด้าน พบว่าอยู่ในระดับพอใจมากที่สุด ด้านประสิทธิภาพ ($= 4.36$, S.D. = 0.28) ด้านการให้บริการการใช้งาน ($= 4.39$, S.D. = 0.28) ด้านการออกแบบ ($= 4.41$, S.D. = 0.25) และด้านประโยชน์ ($= 4.41$, S.D. = 0.28) อยู่ในระดับพอใจมากที่สุด โดยระบบแจ้งเตือนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify สนับสนุนให้การแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ มีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถนำไปใช้ในการวางแผน และเพื่อปรับปรุงการบริการ และประยุกต์ใช้ในองค์กรที่มีหน่วยงานทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศได้

คำสำคัญ: การพัฒนาาระบบ ระบบแจ้งเตือนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ LINE Notify

¹ นักวิชาการโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

¹ อาจารย์สาขาภาษาอังกฤษ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

³ นักวิชาการศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

¹ Audio-Visual Technical Officer Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

² English Instructor Faculty of Education, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

¹ Educator Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

*Corresponding Author: Email: yenruedee_noo@nstru.ac.th

The Development of an Informed Repair Hardware and Software Online System via LINE Notify Application of Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

Photiset Phoplod^{1*} Yenruedee Noophet² Kawalin Kuesuk³

Abstract

The purposes of this research were (1) to develop an Informed Repair Hardware and Software Online System via LINE Notify Application and (2) to evaluate the satisfaction of using an Informed Repair Hardware and Software Online System via LINE Notify Application of Nakhon Si Thammarat Rajabhat University.

The researchers developed an Informed Repair Hardware and Software Online System according to the conceptual framework of ITIL and The System Development Life Cycle (SDLC) model which was employed to implement the web application with PHP and MySQL database which used Line Notify for warning repair. To evaluate the user satisfaction with a sample of 222 people, consisting of 115 instructors and 107 staff of Nakhon Si Thammarat Rajabhat University. The research findings were that, the satisfaction overall of an Informed Repair Hardware and Software Online System via LINE Notify Application of Nakhon Si Thammarat Rajabhat University were at the highest level (=4.39, S.D.= 0.22). For each satisfaction items, the system efficiency was (=4.36, S.D.= 0.28), system support was (=4.39, S.D.= 0.28), design of the system was (=4.41, S.D.= 0.25), and usefulness of the system was (=4.41, S.D.= 0.28) were at the highest level. The Informed Repair Hardware and Software Online System via LINE Notify Application become more efficient, use to plan for improving the service and apply in organizations that have information technology departments.

Keywords: System Development, Informed Repair Hardware and Software Online System LINE Notify

บทนำ

ในปัจจุบันระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีบทบาทและความสำคัญเป็นอย่างมากในการดำเนินชีวิต อินเทอร์เน็ตถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับงานงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีเพื่อการสื่อสารและจัดการข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้เกิดช่องทางในการเข้าถึงข้อมูลที่รวดเร็ว ช่วยในการตัดสินใจ และบริหารงานทั้งระดับบุคคลและองค์กร ไม่ว่าจะทางด้านธุรกิจ ด้านความบันเทิง หรือทางด้านการศึกษา กล่าวคือ อินเทอร์เน็ตสามารถสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในหลายๆด้าน โดยเฉพาะทางการศึกษา นอกจากนี้ ยังสามารถช่วยเหลืออาจารย์ เจ้าหน้าที่ ในการติดต่อสื่อสาร ให้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น มหาวิทยาลัยถือเป็นแหล่งการเรียนรู้สำคัญที่มีอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์หลากหลายประเภทที่จำเป็นต่อการเรียนรู้และใช้งาน จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะทำให้เครื่องอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์มีการชำรุดเสียหาย ซึ่งจะเห็นได้ว่าปัจจุบันการให้บริการแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของมหาวิทยาลัยส่วนใหญ่เดิมจะมีการให้บริการแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ผ่านทางเจ้าหน้าที่ไอทีหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง โดยการแจ้งซ่อมบำรุงอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ค่อนข้างยุ่งยาก เมื่อผู้ใช้งานพบว่าเครื่องอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ชำรุดเสียหายใช้งานไม่ได้ ก็ต้องดำเนินการจัดทำเอกสารผ่านหน่วยงานส่วนกลาง และรอผลอนุมัติการแจ้งซ่อม เมื่อผ่านการอนุมัติจึงจัดส่งเอกสารแจ้งกลับมายังเจ้าหน้าที่ฝ่ายไอทีตามหน่วยงานต่างๆ จึงทำให้เสียเวลาในการแจ้งซ่อมเป็นอย่างมาก อีกทั้ง ยุ่งยากในการติดตามผลการซ่อมดังกล่าวและการดำเนินการต่างๆ ขาดประสิทธิภาพและไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ ต่อผู้ใช้งานแอปพลิเคชันไลน์ในการสื่อสารของยุคปัจจุบัน เป็นการส่งเสริมการทำงานด้วยการสื่อสารผ่าน แอปพลิเคชันไลน์ที่ทั้งองค์กรภาครัฐและภาคเอกชนได้นำมาใช้ในการปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับองค์กรนั้นๆทั้งยังเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคม เพื่อให้การสื่อสารในสังคมนั้นเกิดความรวดเร็วและประหยัดเวลาในการสื่อสารมากยิ่งขึ้น (เอกกวีร์ พิทักษ์ธนชกุล, 2560) ทั้งนี้ LINE Thailand ได้มีการเปิดเผยในช่วงไม่กี่เดือนที่ผ่านมาเกี่ยวกับสถิติคนไทยผู้ใช้ LINE โดยระบุเอาไว้ว่าคนไทยใช้อินเทอร์เน็ตเฉลี่ยต่อวัน 10 ชั่วโมง 5 นาที และ ช่วงอายุที่ใช้อินเทอร์เน็ตต่อวันสูงที่สุดคือ Gen Z และ Gen Y ตามด้วย Gen X และ Baby Boomer จากประชากรประเทศไทยทั้งหมด 69 ล้านคน จะมีผู้ใช้ LINE อยู่ 44 ล้านคน คนไทยใช้สมาร์ตโฟน เฉลี่ย 216 นาที / วัน โดยจะใช้งาน LINE เฉลี่ย 63 นาที / นับว่าเป็นสื่อสังคมที่คนไทยใช้เป็นจำนวนมาก และที่เลือกใช้ เป็นหนึ่งในแพลตฟอร์มที่มีผู้ใช้งานจำนวนมากจากสถิติโลก อยู่ในอันดับ 1 จากการสำรวจของ WeAreSocial และ Hootsuite รายงานว่าผู้ใช้ทั่วโลก ณ ปัจจุบัน ในปี 2019 นั้นมีจำนวนผู้ใช้งานถึง 2,271 ล้านบัญชีผู้ใช้งาน ผู้วิจัยจึงได้จัดทำและพัฒนาระบบแจ้งซ่อมบำรุงอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ บนเครือข่ายแบบออนไลน์ขึ้นมาใช้เป็นแบบ Web Application และใช้เทคโนโลยี LINE Notify ในการแจ้งเตือนเจ้าหน้าที่ฝ่ายไอทีในการรับแจ้งซ่อม ทั้งนี้ เนื่องจากอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของมหาวิทยาลัย มีความหลากหลายของระบบปฏิบัติการ และอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ทุกเครื่องสามารถเข้าถึง Internet ได้ จึงได้พัฒนาระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ ด้วยภาษา PHP (PHP Hypertext Preprocessor) และในปัจจุบันเว็บไซต์ต่าง ๆ ได้ทำการพัฒนาในด้านต่างๆ อย่างรวดเร็ว เช่น เรื่องความสวยงาม และความแปลกใหม่ในการบริการข้อมูลข่าวสารที่ทันสมัย ซึ่งเป็นสื่อกลางการติดต่อ และสิ่งหนึ่งกำลังที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ซึ่งถือได้ว่าเป็นการปฏิวัติรูปแบบการขายของ e-commerce นอกจากนี้ (PHP Hypertext Preprocessor) เป็นภาษาพวก (scripting language) คำสั่งต่าง ๆ จะเก็บอยู่ในไฟล์ที่เรียกว่า สคริปต์ (script) และเวลาใช้งานต้องอาศัยตัวแปลชุดคำสั่ง ตัวอย่าง ภาษาสคริป เช่น javascript perl เป็นต้น ลักษณะของ PHP จะแตกต่างจากภาษาสคริปต์แบบอื่น ๆ คือ PHP จะได้รับการพัฒนาและออกแบบมา เพื่อใช้งานการสร้างเอกสารแบบ html สามารถสอดแทรก หรือ แกะเนื้อหาได้โดยอัตโนมัติ ดังนั้น จึงกล่าวว่าภาษา PHP เป็นภาษาที่เรียกว่า server-side หรือ html-embedded scripting language ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญชนิดหนึ่งที่จะช่วยให้สามารถสร้างเอกสารแบบ dynamic html ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีลูกเล่นมากขึ้น และเก็บข้อมูลเข้าฐานข้อมูล มายเอสคิวแอล (MySQL) ทำให้สามารถติดตามความคืบหน้าและสถิติในการแจ้งขอใช้บริการของบุคลากรได้ สามารถรวบรวม สรุปจัดทำเป็นรายงานการแจ้ง

ซ่อม โดยการแจ้งซ่อมแบบออนไลน์นี้ ผู้ใช้งาน (user) หรือ บุคลากรต้องแจ้งโดยผ่านเข้าระบบแจ้งซ่อมผ่านหน้าเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัย

วิธีการวิจัย

การพัฒนาระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช โดยการดำเนินการวิจัยครั้งนี้แบ่งหัวข้อดังนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

การประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

1.1 ผู้ใช้งานทั้งหมด ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำประชากร จำนวน 756 คนเพื่อจะได้ทราบการรับบริการระหว่างอาจารย์และเจ้าหน้าที่ อาจารย์แจ้งซ่อมส่วนใหญ่อยู่ตามคณะห้องเรียนและหลักสูตร ส่วนเจ้าหน้าที่แจ้งซ่อมตาม ศูนย์ สำนัก คณะ สำนักงานเป็นหลัก จึงได้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มคณาจารย์ที่มาขอใช้บริการของระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำนวน 388 คน

กลุ่มที่ 2 กลุ่มเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานที่มาขอใช้บริการของระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำนวน 368 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สุ่มบุคลากรตัวอย่าง จำนวน 222 คนโดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มคณาจารย์ที่มาขอใช้บริการของระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำนวน 115 คน

กลุ่มที่ 2 กลุ่มเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานที่มาขอใช้บริการของระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำนวน 107 คน

ระเบียบวิธีการวิจัย

การวิจัยและพัฒนา (Research & Development) แจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการดังนี้

การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ตามการพัฒนาระบบใช้รูปแบบวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) นเรศร์ บุญเลิศ. (2560) ตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้ารวบรวมทฤษฎี แนวคิดพื้นฐาน หลักการขอบเขต และความพึงพอใจของอาจารย์ เจ้าหน้าที่ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่มีต่อระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถาม

2. ออกแบบระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify โดยใช้โปรแกรม PHP และเก็บข้อมูลเข้าฐานข้อมูล MySQL ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Android และ IOS สำหรับการเข้าใช้ระบบ

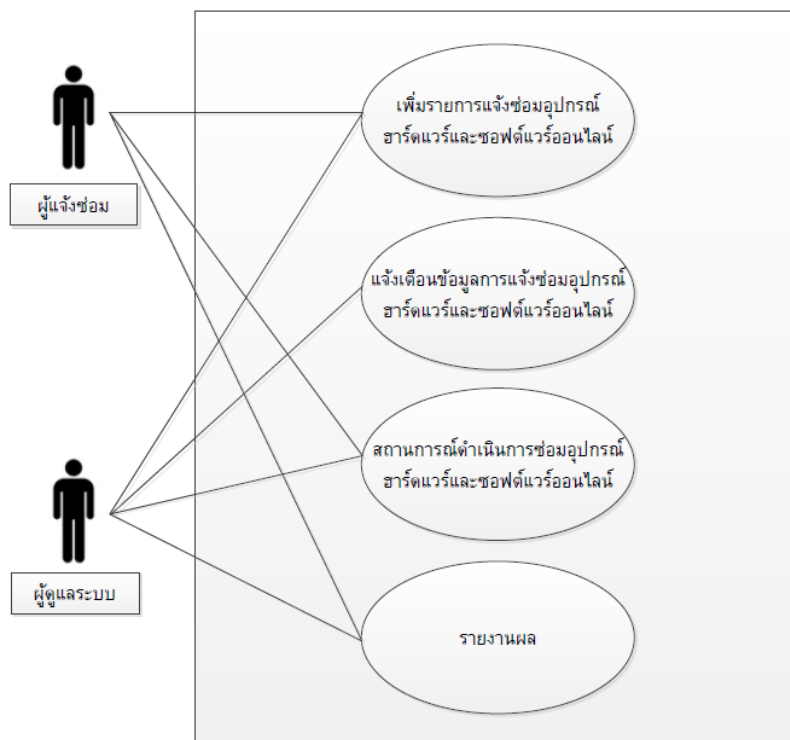
3. ทดสอบระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify กับ
ผู้ใช้งาน

4. นำระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ไปใช้กับ
ประชากรกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 222 คน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและประเมินความพึงพอใจ

สรุปผลการวิจัย

ผลลัพธ์การออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE
Notify ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

นำส่วนการออกแบบไปพัฒนาระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE
Notify โดยใช้โปรแกรม PHP และ MySQL สำหรับเก็บข้อมูลรายงานผล และใช้ระบบปฏิบัติการ Androids และ IOS สำหรับ
ให้บุคลากรเข้าใช้ระบบ จากการพัฒนา สามารถสรุปเป็น Use Case Diagram ของระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และ
ซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Use Case Diagram ระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์
ที่มา : Photiset Phoplod (2023)

ระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify จากภาพที่ 1 แสดง
อธิบายได้ ดังนี้

1. เพิ่มข้อมูลลงในระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ ได้แก่ ชื่อผู้แจ้งซ่อม หน่วยงาน วันที่
ปัญหา เวลา Phone/LineID บุคลากร และรายละเอียด เพื่อนำข้อมูลการแจ้งซ่อมเก็บเข้าแฟ้มข้อมูล
2. ระบบจะแจ้งเตือนข้อมูลผ่าน LINE Notify ไปยังผู้ดูแลระบบเมื่อมีผู้แจ้งปัญหาเข้ามาในระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์
ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ ทำให้ฝ่ายดูแลระบบทราบปัญหาในทันที

3. หลังจากกรอกข้อมูลในการแจ้งปัญหาในระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์จะส่งข้อมูลผู้แจ้งไปยังระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ และแสดงข้อมูลรายละเอียดต่างๆ หน้าเว็บไซต์ระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ ผู้ดูแลระบบสามารถค้นหาข้อมูลผู้แจ้งซ่อมในระบบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ เพื่อทำการแก้ไขข้อมูลหรือลบข้อมูลและปรับปรุงเพิ่มข้อมูลผู้แจ้งซ่อมให้เป็นปัจจุบัน รวมทั้งผู้แจ้งซ่อมสามารถตรวจสอบสถานการณ์การดำเนินการพร้อมคำแนะนำ

4. นำข้อมูลการแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์เก็บเข้าเพิ่มข้อมูล พร้อมรายงานข้อมูลสถิติในแต่ละวัน และสรุปทำเป็นรายงานประจำเดือน/ปี

ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

1. ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้งานระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify **ด้านการออกแบบ**

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		การแปลผล
	\bar{X}	SD	
1. ความสวยงาม ทันสมัย น่าสนใจของหน้าเว็บไซต์	4.70	0.52	พอใจมากที่สุด
2. ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านง่ายและสวยงาม	4.29	0.51	พอใจมากที่สุด
3. ความเร็วในการแสดงภาพ ตัวอักษร	4.38	0.52	พอใจมากที่สุด
4. การจัดวางรูปแบบในเว็บไซต์ต่อการอ่านและการใช้งาน	4.39	0.59	พอใจมากที่สุด
5. ระบบการแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ มีความน่าสนใจ ตอบสนองต่อความต้องการ	4.29	0.55	พอใจมากที่สุด
ภาพรวม	4.41	0.25	พอใจมากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินจากผู้ใช้งานความพึงพอใจด้านการออกแบบระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify มีค่าเฉลี่ย 4.41 อยู่ในระดับ พอดีมากที่สุด เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลรายข้อ พบว่าความสวยงาม ทันสมัย เป็นที่น่าสนใจของหน้าเว็บไซต์ ค่าเฉลี่ย 4.70 ระดับ พอดีมากที่สุด ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านง่าย และสวยงาม ค่าเฉลี่ย 4.29 ระดับ พอดีมากที่สุด ความเร็วในการแสดงภาพ ตัวอักษร ค่าเฉลี่ย 4.38 ระดับ พอดีมากที่สุด การจัดวางรูปแบบ เว็บไซต์ต่อการอ่าน และการใช้งาน ค่าเฉลี่ย 4.39 ระดับ พอดีมากที่สุด และระบบการแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ มีความน่าสนใจ ตอบสนองต่อความต้องการ ค่าเฉลี่ย 4.29 ระดับ พอดีมากที่สุด

2. ผลการประเมินความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพของระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้งานระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify **ด้านประสิทธิภาพ**

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		การแปลผล
	\bar{X}	SD	
6. ความเหมาะสมของเมนูการใช้งาน	4.35	0.59	พอใจมากที่สุด
7. ความง่ายของการใช้งานระบบ	4.50	0.56	พอใจมากที่สุด
8. ความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ	4.28	0.55	พอใจมากที่สุด
9. ระบบช่วยทำให้การรับเรื่องรวดเร็วขึ้น	4.36	0.58	พอใจมากที่สุด
10. ภาษาที่ใช้ในระบบเป็นทางการ ตรงประเด็น สื่อความหมายชัดเจน	4.34	0.57	พอใจมากที่สุด
ภาพรวม	4.36	0.28	พอใจมากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจ ด้านประสิทธิภาพของระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ค่าเฉลี่ย 4.36 อยู่ในระดับพอใจมากที่สุด เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลรายข้อ พบว่าความเหมาะสมของเมนูการใช้งาน ค่าเฉลี่ย 4.35 ระดับ พอดีมากที่สุด ความง่ายของการใช้งานระบบ ค่าเฉลี่ย 4.50 ระดับ พอดีมากที่สุด ความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ ค่าเฉลี่ย 4.28 ระดับ พอดีมากที่สุด ระบบช่วยทำให้การแจ้งซ่อมรวดเร็วขึ้น ค่าเฉลี่ย 4.36 ระดับ พอดีมากที่สุด และภาษาที่ใช้ในระบบเป็นทางการ ตรงประเด็น สื่อความหมายชัดเจน ค่าเฉลี่ย 4.34 ระดับ พอดีมากที่สุด

3. ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการให้บริการการใช้งานของระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระดับความพึงพอใจกลุ่มตัวอย่างที่ใช้งานระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ด้านการให้บริการการใช้งาน

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		การแปลผล
	\bar{X}	SD	
11. การให้บริการข้อมูลและแก้ไขปัญหา	4.41	0.55	พอใจมากที่สุด
12. ความรวดเร็วในการให้บริการ	4.42	0.53	พอใจมากที่สุด
13. มีช่องทางในการติดต่อ สอบถามเพียงพอ	4.37	0.58	พอใจมากที่สุด
14. ผู้ใช้บริการสามารถเข้าถึงระบบได้สะดวก	4.42	0.56	พอใจมากที่สุด
15. การใช้งานมีความชัดเจน เข้าใจง่าย	4.34	0.52	พอใจมากที่สุด
ภาพรวม	4.39	0.28	พอใจมากที่สุด

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจ ด้านการให้บริการการใช้งานของระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ค่าเฉลี่ย 4.39 อยู่ในระดับ พอดีมากที่สุด เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลรายข้อ พบว่าการให้บริการข้อมูลและแก้ไขปัญหา ค่าเฉลี่ย 4.41 อยู่ในระดับ พอดีมากที่สุด ความรวดเร็วในการให้บริการ ค่าเฉลี่ย 4.42 อยู่ในระดับ พอดีมากที่สุด มีช่องทางในการติดต่อ สอบถามเพียงพอ ค่าเฉลี่ย 4.37 ระดับ พอดีมากที่สุด ผู้ใช้บริการสามารถเข้าถึงระบบได้สะดวก ค่าเฉลี่ย 4.42 ระดับ พอดีมากที่สุด และการใช้งานมีความชัดเจน เข้าใจง่าย ค่าเฉลี่ย 4.34 ระดับ พอดีมากที่สุด

4. การประเมินความพึงพอใจด้านประโยชน์ของระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับ ความพึงพอใจกลุ่มตัวอย่างที่ใช้งานระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify **ด้านประโยชน์**

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		การแปลผล
	\bar{X}	SD	
16. สามารถซ่อมบำรุงแก้ไขอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ได้อย่างถูกต้องตามรายการแจ้งซ่อม	4.47	0.56	พอใจมากที่สุด
17. ระบบแจ้งซ่อม อำนวยความสะดวกในการจัดทำรายงานผลการดำเนินการด้านต่างๆ ให้กับผู้บริหารประกอบการตัดสินใจเชิงนโยบาย	4.35	0.54	พอใจมากที่สุด
18. ผู้บริหารสามารถใช้ประโยชน์จากระบบในการกำกับการดำเนินงาน ได้อย่างสะดวก	4.37	0.53	พอใจมากที่สุด
19. การเผยแพร่ข้อมูลจากการประเมินสถิติที่ได้จากระบบ	4.45	0.55	พอใจมากที่สุด
20. ความพึงพอใจในภาพรวมของการซ่อมบำรุง	4.42	0.59	พอใจมากที่สุด
ภาพรวม	4.41	0.28	พอใจมากที่สุด

จากตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจ ด้านประโยชน์ของระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ค่าเฉลี่ย 4.41 อยู่ในระดับ พอดีมากที่สุด เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลรายข้อ พบว่าสามารถซ่อมบำรุงแก้ไขคอมพิวเตอร์ได้อย่างถูกต้องตามรายการแจ้งซ่อม ค่าเฉลี่ย 4.47 ระดับ พอดีมากที่สุด ระบบแจ้งซ่อม อำนวยความสะดวกในการจัดทำรายงานผลการดำเนินการด้านต่างๆ ให้กับผู้บริหารประกอบการตัดสินใจเชิงนโยบาย ค่าเฉลี่ย 4.35 อยู่ในระดับพอดีมากที่สุด ผู้บริหารสามารถใช้ประโยชน์จากระบบในการกำกับการดำเนินงาน ได้อย่างสะดวก ค่าเฉลี่ย 4.37 ระดับ พอดีมากที่สุด การเผยแพร่ข้อมูลจากการประเมินสถิติที่ได้จากระบบ ค่าเฉลี่ย 4.45 ระดับ พอดีมากที่สุด และความพึงพอใจในภาพรวมของการซ่อมบำรุง ค่าเฉลี่ย 4.42 ระดับ พอดีมากที่สุด

5. ผลการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมของระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify

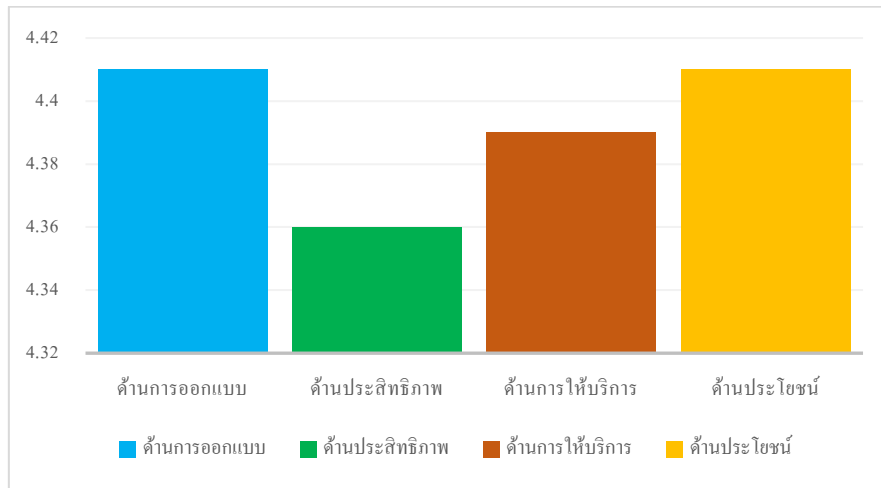
ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระดับความพึงพอใจในภาพรวมกลุ่มตัวอย่างที่ใช้งานระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify **ด้านภาพรวม**

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		การแปลผล
	\bar{X}	SD	
ด้านการออกแบบ	4.41	0.25	พอใจมากที่สุด
ด้านประสิทธิภาพ	4.36	0.28	พอใจมากที่สุด
ด้านการให้บริการการใช้งาน	4.39	0.28	พอใจมากที่สุด
ด้านประโยชน์	4.41	0.28	พอใจมากที่สุด
ภาพรวมทั้ง 4 ด้าน	4.39	0.22	พอใจมากที่สุด

จากการประเมินความพึงพอใจ สามารถสรุปภาพรวมของระบบทั้ง 4 ด้าน ของระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ออนไลน์โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify ค่าเฉลี่ย 4.39 ระดับ พอใจมากที่สุด เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลรายด้าน พบว่าด้านการออกแบบ ค่าเฉลี่ย 4.41 ระดับ พอใจมากที่สุด ด้านประสิทธิภาพ ค่าเฉลี่ย 4.36 ระดับ พอใจมากที่สุด ด้านการให้บริการการใช้งาน ค่าเฉลี่ย 4.39 ระดับ พอใจมากที่สุด และด้านประโยชน์ ค่าเฉลี่ย 4.41 ระดับ พอใจมากที่สุด ตามลำดับ

กราฟระดับความพึงพอใจแต่ละด้าน

ระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ โดยผ่านแอปพลิเคชัน LINE Notify



ภาพที่ 2 กราฟระดับความพึงพอใจแต่ละด้าน จากตารางที่ 5

ที่มา : Photiset Phoplod (2023)

อ้างอิง

เจนจิรา ภาวิวัติ, และอรรรถกร เก่งพล (2562). โปรแกรมและการจัดการฐานข้อมูลสำหรับการบันทึกข้อมูลการซ่อมบำรุงรักษา เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ กรณีศึกษาบริษัทอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ชัชวาลย์ ตู๋พิจิตร, วสุวรรธน์ พงศ์ขจร, & จิระวิชิตชัย, น. (2560). การปรับปรุงกระบวนการทำงานด้านไอทีด้วย ITIL : กรณีศึกษา บริษัท ดาต้า โปรดักส์ ทอปปีนฟอร์ม จำกัด. Sci. & Tech. RMUTT Journal, 7, 1(มกราคม-มิถุนายน), 134-143.

ชาญชัย ศุภอรรรถกร (2561). สร้างเว็บแอปพลิเคชัน PHP + MySQL. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ : รีไควว่า, 2561.

ณัฐธินี นาคประเสริฐ (2563). ระบบบันทึกการซ่อมบำรุงออนไลน์ หจก.เอ็น.ลิ่งค์ อินเทอร์เน็ตเซอร์วิส. หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์คณะวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสยาม

นภดล สายคติกรณ์ (2560). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้สำหรับนักศึกษาสหกิจศึกษา คณะบริหารธุรกิจผ่านการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

นเรศร์ บุญเลิศ. (2560). วงจรการพัฒนาารระบบ (System Development Life Cycle : SDLC). พะเยา: มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตพะเยา.

ประสาน แก้วก้อน (2559). การประยุกต์กระบวนการ ITIL กับกระบวนการให้บริการรับแจ้งเหตุแก้ไขปัญหา Applying ITIL Framework to Service Desk. หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

- วิรุฬห์ สุขเกษม และคณะ (2560). การพัฒนาระบบแจ้งซ่อมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ออนไลน์ สำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
- สมสุข นาคะพัฒนกุล และ ปิพิชญา นิเทศ (2561). ระบบบริหารการแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
- เอกกวีร์ พิทักษ์ธนชกุล (2560). แอปพลิเคชันไลน์ในการสื่อสารของยุคปัจจุบันในเรื่องของการติดต่อสื่อสารพื้นฐานในชีวิตประจำวันของมนุษย์ตลอดจนการส่งเสริมการทำงานด้วยการสื่อสารผ่านแอปพลิเคชันไลน์. หลักสูตรนิเทศศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสื่อสารเชิงกลยุทธ์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ปีการศึกษา 2560
- Line Corporation. (2020). Line Noyify API Document. Retrived 2020, July, from <http://www.notify-bot.line.me/oauth/authorize>
- National Science and Technology Development Agency. (2020). Meaning of open source software. Retrived 2020, July, from <http://www.nstda.or.th /th/nstda-knowledge/2657- open-source-software>.

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา

อิศรา สุขทัต¹ ภาชญา เชี่ยวชาญ^{2*}, ณัฐภัทร แก้วรัตนภัทร์³ และ จารุมณ หนูคง⁴

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา โดยการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา (2) ออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา และประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้ของระบบบริการออกแบบ โลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา โดยมีกระบวนการพัฒนาระบบตามรูปแบบวงจรการพัฒนาาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC)

ผลการวิจัยพบว่า การประเมินประสิทธิภาพการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา โดยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.43 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 ($\bar{X} = 4.43$, S.D. = 0.50) ดังนั้นแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบ ด้านการนำไปใช้อยู่ในระดับมาก และความพึงพอใจของผู้ใช้ทั่วไปมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.40 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.66 ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.66) ซึ่งระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก แสดงว่า การพัฒนาการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : เว็บแอปพลิเคชัน บริการออกแบบ โลโก้สินค้า

¹ นักศึกษาระดับปริญญาตรี, สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมดิจิทัลและคอนเทนต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร 10300

² อ., สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมดิจิทัลและคอนเทนต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร 10300

³ ผศ.ดร., สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร 10300

⁴ ผศ.ดร., สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมดิจิทัลและคอนเทนต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร 10300

¹ Student of Bachelor of Information Science Program in Digital Innovation and Content Management, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok, 10300

² Lecturer, Department of Digital Innovation and Content Management, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok, 10300

³ Asst. Prof. Dr., Department of Digital Technology for Education, Faculty of Education, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok, 10300

⁴ Asst. Prof. Dr., Department of Digital Innovation and Content Management, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok, 10300

* Corresponding Author: E-mail: phachaya.ch@ssru.ac.th

Web Application Development for Product Logo Design Services and Advertising Publications

Itsara Sukthat¹, Phachaya Chaiwchan^{2*}, Nutthapat Kaewrattanapat³ and Jarumon Nookhong⁴

Abstract

This research is developmental research. By developing web applications for providing logo design services for products and advertising publications. The objectives are to (1) study and analyze data for developing web applications for product logo design services and advertising publications; (2) design and develop web applications for product logo design services and advertising publications; and (3) evaluate the efficiency and user satisfaction of the design service system. Product logos and advertising publications The system development process follows the system development life cycle (SDLC).

The results showed that evaluation of web application development efficiency for product logo design services and advertising publications Data were analyzed using basic statistics, including mean (\bar{x}), percentage, and standard deviation (S.D.), with an overall mean of 4.43 and a standard deviation of 0.50 (\bar{x} = 4.43, S.D. = 0.50). Thus demonstrating the efficiency of the system. The aspect of use is at a high level. And general user satisfaction has an overall mean of 4.40 and a standard deviation of 0.66 (\bar{x} = 4.40, S.D. = 0.66), which shows that the level of satisfaction is high. Applications for product logo design services and advertising publications can be used effectively.

Keywords: Web Application, Design services, Product logo

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยเกิดการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ยุคดิจิทัล เมื่อเทคโนโลยีพัฒนาแบบก้าวกระโดดทำให้การทำธุรกิจออนไลน์จึงกลายเป็นที่นิยมอย่างมาก ผู้ประกอบการในยุคดิจิทัลจึงควรสร้างเอกลักษณ์ให้แก่ผลิตภัณฑ์และบริการของตนเอง ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญ (ชูศักดิ์ ยาทองไชย, และวีไลรัตน์ ยาทองไชย, 2564)

การก้าวเข้าสู่ยุคดิจิทัลทำให้เกิดความสะดวกในการเข้าถึงเว็บไซต์หรือโซเชียลมีเดียต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดความสนใจต่อคนในสังคมปัจจุบัน ผู้บริโภคเริ่มไปพึ่งพาธุรกิจออนไลน์มากขึ้น ส่งผลให้เกิดผู้ประกอบการใหม่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกิดการแข่งขันทางธุรกิจ (ชลิตพันธ์ บุญมีสุวรรณ, 2563) ผู้ประกอบการจึงควรสร้างความแตกต่างและให้ความสำคัญในการวางกลยุทธ์ทางการตลาดสำหรับโลโก้สินค้า โดยมีเป้าหมายในการสร้างความโดดเด่น ความสวยงามและสร้างเอกลักษณ์ให้แก่สินค้า (ภัทรภรณ์ เอกวิทยาเวชนกุล, 2564) เพื่อดึงดูดความสนใจจากผู้บริโภค โดยมีธุรกิจออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์ที่จะช่วยในการออกแบบโลโก้ โดยต้องเข้าใจความต้องการของผู้ประกอบการ การจัดวางรายละเอียดต่าง ๆ ในโลโก้ให้เหมาะสม (รัตนา แซลิม, และสมชาย เล็กเจริญ, 2563) เพื่อให้ได้โลโก้ที่ตรงกับความต้องการที่ผู้ประกอบการและการให้ความสำคัญกับการนำเสนอโลโก้สินค้าอย่างสม่ำเสมอโดยการสร้างการรับรู้ให้กับผู้บริโภคผ่านสื่อโฆษณา (นนทยา เนาวิสุวรรณ, และศุภฤกษ์ โพธิ์ไพรัตน์, 2565) เช่น สติ๊กเกอร์ นามบัตร ของที่ระลึก สื่อทางโซเชียลมีเดียเพื่อให้ผู้บริโภคสามารถจดจำและนึกถึงแบรนด์ของตนเองผ่านโลโก้สินค้า (จุฬารัตน์ ชันแก้ว, 2561) ทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้ธุรกิจนำมาซึ่งยอดขายที่มากขึ้น

จากความเป็นมาและความสำคัญเบื้องต้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเว็บแอปพลิเคชันบริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์ โดยการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการบริการทั้งในด้านการซื้อขายและเครื่องมือในการออกแบบโลโก้สินค้าด้วยตนเองหรือเป็นการออกแบบเบื้องต้นเพื่อให้ทราบถึงความต้องการของผู้รับบริการในการนำไปให้ผู้ให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าซึ่งสามารถสื่อสารกับทางร้านได้โดยตรงและใช้ระยะเวลาไม่นานในการได้รับสินค้าและผู้ประกอบการสามารถเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้มากยิ่งขึ้น ทั้งยังเป็นการเพิ่มช่องทางการขายได้อีกทางหนึ่ง

วิธีการวิจัย

1. การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

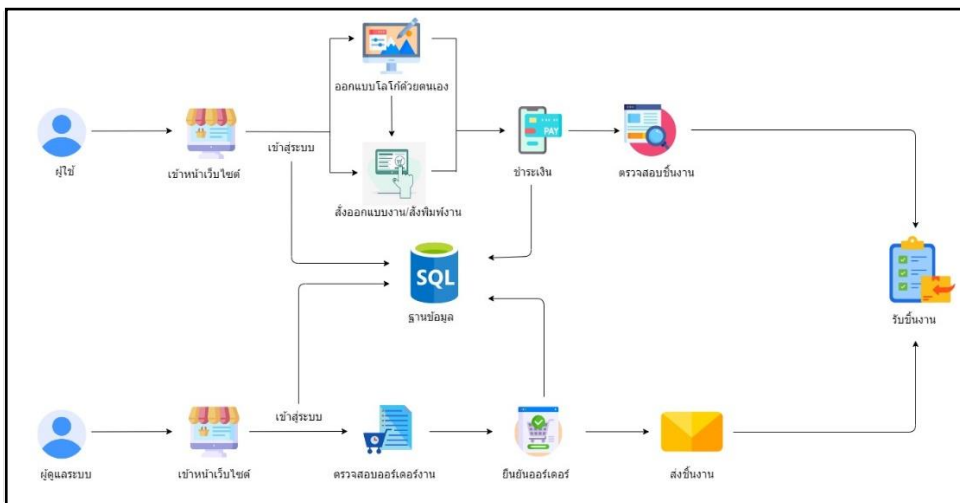
ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความต้องการของเจ้าของกิจการร้านค้าออกแบบโลโก้สื่อสิ่งพิมพ์ และเก็บข้อมูลแบบสัมภาษณ์ และการสังเกตจึงได้ทราบถึงความต้องการและมองถึงเรื่องการพัฒนาระบบ การรวบรวมข้อมูลจากการสังเคราะห์ที่มีผลต่อการใช้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา และเก็บรวบรวมข้อมูลระบบออกแบบออนไลน์เพื่อสังเคราะห์ข้อมูลในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันบริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์

FEATURES	PLACE IT (BY ENVATO)	BRAND CROWD	GRAPHIC SPRINGS	LOGO MAKR	CANVA	LOGASTER	FREELOGO DESIGN	LOOKA	WIX	TAILOR BRAND
แพ็คเกจราคา	ชำระรายเดือน/รายปี	ชำระครั้งแรก/รายเดือน/รายปี	แบบตามหลัก/สแตนด์ออล/อีโพร/แพลตฟอร์ม	ชำระรายเดือน/ค่าคอมมิชชั่น/โลโก้ใหม่	ชำระรายเดือน/รายปี	ชำระเป็นแพ็คเกจ XS/S/M/L	แบบและเช็กราย/ฟรีเช็กราย/แพ็คเกจ	ชำระแบบเช็กราย/ฟรีเช็กราย/แพ็คเกจ	ชำระแบบรายเดือน/รายปี	ชำระแบบรายเดือน/สแตนด์ออล/ฟรีเช็กราย
สร้างโลโก้ด้วยตนเอง			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
มีเทมเพลตให้เลือกใช้	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ร่วมออกแบบกับนักออกแบบ				✓			✓		✓	
มี AI ช่วยออกแบบ							✓	✓	✓	✓
แก้ไขสื่อสิ่งพิมพ์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
แตรกรูปร่างได้	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
มีคอนเทนต์ให้เลือกใช้	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
การดาวน์โหลดง่าย	ชำระแพ็คเกจ/จะรับมาใช้ได้	ชำระแพ็คเกจ/จะรับมาใช้ได้	ชำระแพ็คเกจ/จะรับมาใช้ได้	ชำระแพ็คเกจ/จะรับมาใช้ได้	ฟรีจำกัด/ความละเอียด/ชำระตามแพ็คเกจ	ฟรีในบางส่วน/ชำระตามแพ็คเกจ	ฟรีจำกัด/ความละเอียด/ชำระตามแพ็คเกจ	ชำระแพ็คเกจ/จะรับมาใช้ได้	ฟรีจำกัด/ความละเอียด/ชำระตามแพ็คเกจ	ชำระแพ็คเกจ/จะรับมาใช้ได้

ภาพที่ 1 ตารางแสดงผลการสังเคราะห์ข้อมูลระบบออกแบบออนไลน์

2. การวิเคราะห์ระบบและระบบเดิม

เป็นกระบวนการทำงานและกำหนดรายละเอียดของการความต้องการและศึกษาข้อมูลจากระบบเดิมเพื่อพัฒนาระบบ นำเสนอการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันบริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณาในธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบงานประกอบด้วย แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ (System Flow Diagram) แผนภาพแสดงการทำงานของผู้ใช้ระบบ (Use Case Diagram) คำอธิบายการทำงานของผู้ใช้ (Use Case Description) แผนภาพแสดงกิจกรรมของระบบ (Activity Diagram) พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary) แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบ (Sequence Diagram) แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคลาส (Class Diagram) แผนภาพบริบท (Context Diagram) แผนภาพแสดงกระแสการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram) โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา ดังนี้



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบ (System Flow Diagram)

3. การออกแบบระบบ

การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ (Graphical User Interface : GUI) ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบหน้าต่างส่วนต่อประสานผู้ใช้ของการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณาก่อนที่จะทำการพัฒนาระบบที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง

4. การพัฒนาระบบและตรวจสอบ

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา ซึ่งพัฒนาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบโลโก้ออนไลน์ได้ด้วยตนเอง ความสะดวกในการสั่งซื้อสิ่งพิมพ์ ทั้งยังเป็นการเพิ่มช่องทางการขายและการบริหารจัดการร้านให้กับผู้ประกอบการทดสอบโดยนำเครื่องมือเวิร์ดเพรสส์ (Wordpress) เข้ามาใช้ในการพัฒนาในระบบ เพราะเป็นเครื่องมือที่สามารถสร้างระบบ มีระบบฐานข้อมูลและการแจ้งเตือนเมื่อมีผู้ใช้สั่งซื้อเข้ามาได้ตลอดเวลาซึ่งนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคตได้อย่างหลากหลาย ทั้งยังมีฟังก์ชันในการทำงานที่ง่าย สะดวกต่อทั้งผู้ประกอบการและผู้ใช้ และทำการตรวจสอบระบบเพื่อประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

5. การประเมินผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา

5.1 การประเมินผลประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งมาทดสอบระบบที่ได้ออกแบบไว้ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านการออกแบบ 2. ด้านประสิทธิภาพการงานของระบบ 3. ด้านการนำไปใช้

5.2 การประเมินความพึงพอใจของระบบโดยผู้ใช้งานทั่วไป 40 ท่าน การประเมินทั้ง 2 ส่วนเป็นแบบสอบถามที่ใช้มาตรฐานส่วนประเมินค่า (Rating Scale) (บุญชุม ศรีสะอาด, 2560)

ระเบียบวิธีการวิจัย

ตัวแปรต้น : เว็บแอปพลิเคชันบริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์

ตัวแปรตาม : สามารถออกแบบโลโก้สินค้าได้ด้วยตนเอง และสามารถสั่งซื้อและขายสินค้าและบริการได้

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา การศึกษามุ่งเน้นการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับบริการออกแบบโลโก้
 - การสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ
 - การศึกษาและสังเคราะห์เว็บบริการออกแบบ จำนวน 10 เว็บ

2. ขอบเขตการใช้งานระบบ

ผู้ประกอบการ : เพิ่ม ลบ แก้ไขสินค้า ตรวจสอบบอเดอร์ การชำระเงินและการส่งผลงานออกแบบในรูปแบบต่าง ๆ

ผู้ใช้ : สามารถใช้บริการออกแบบชิ้นงาน การส่งออกแบบกับผู้ประกอบการโดยตรงและการสั่งซื้อสินค้า

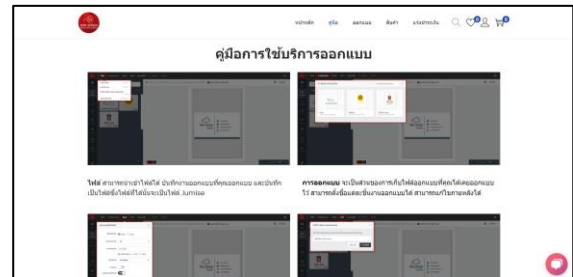
3. ขอบเขตด้านพื้นที่ : กรณีศึกษา บริษัท ตำบลวิ.ที. โกลเด้น เฟลม จำกัด
4. ขอบเขตด้านเครื่องมือในการพัฒนา: เวิร์ดเพรสส์ (Wordpress)

ผลการวิจัย

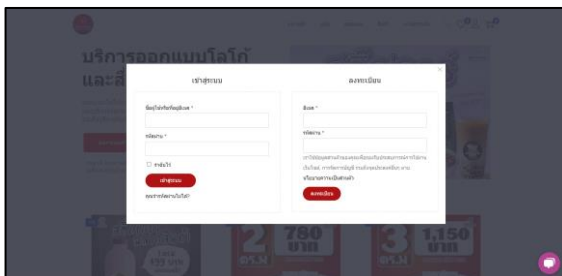
1. ผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา



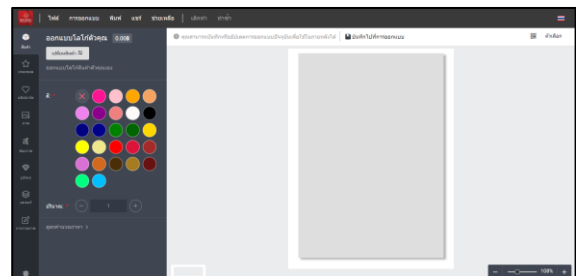
ภาพที่ 3 แสดงหน้าหลักของระบบโดยรายละเอียดสินค้า และสามารถเลือกออกแบบสินค้าด้วยตนเองหรือสั่งซื้อสินค้า



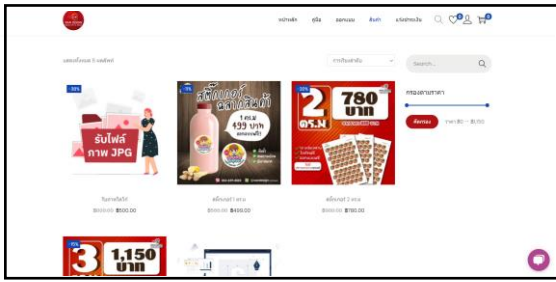
ภาพที่ 4 แสดงหน้าคู่มือของระบบเกี่ยวกับรายละเอียดการบริการออกแบบด้วยตนเอง



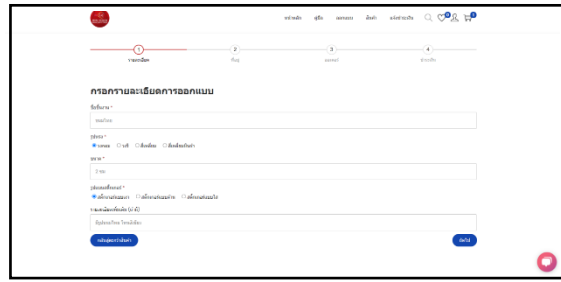
ภาพที่ 5 แสดงหน้าสมัครสมาชิกและเข้าสู่ระบบ



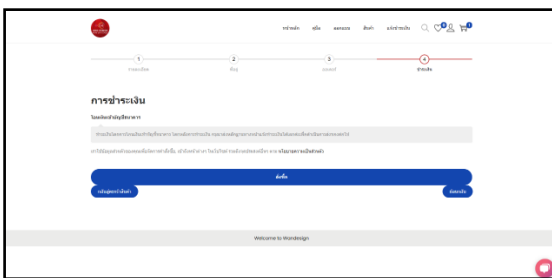
ภาพที่ 6 แสดงหน้าระบบออกแบบด้วยตนเองโดยมีฟังก์ชันเทมเพลต ศิลปอาร์ต แทรกรูปภาพ ข้อความ รูปทรง เลขออร์ การวาดภาพ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบชิ้นงานของตน



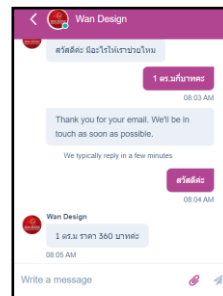
ภาพที่ 7 แสดงหน้าสินค้าพร้อมรายละเอียดสินค้า เพื่อสั่งซื้อสินค้าและส่งออกแบบชิ้นงาน



ภาพที่ 8 แสดงหน้ากรอกรายละเอียดการออกแบบ ที่ต้องการให้ทางร้านออกแบบ



ภาพที่ 9 แสดงหน้าแจ้งรายละเอียดในการชำระเงิน



ภาพที่ 10 แสดงแชทสนทนาสอบถาม เช่น ตรวจสอบชิ้นงานที่ส่งออกแบบและแก้ไขชิ้นงาน

2. ผลประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ความหมาย
1. ด้านการออกแบบ	4.56	0.55	มากที่สุด
2. ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	4.33	0.44	มาก
3. ด้านการนำไปใช้	4.40	0.52	มาก
รวม	4.43	0.50	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา ทั้ง 3 ด้าน โดยประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 ($\bar{x} = 4.43, S.D. = 0.50$) ดังนั้นแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา อยู่ในระดับมาก

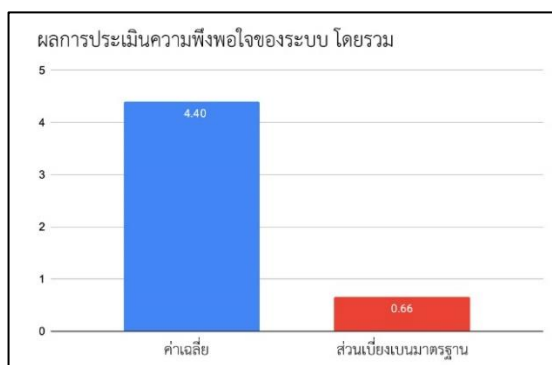


ภาพที่ 11 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยรวม

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบโดยประเมินจากผู้ใช้งานทั่วไป

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
1. ด้านการออกแบบ	4.36	0.71	มาก
2. ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	4.37	0.67	มาก
3. ด้านการนำไปใช้	4.46	0.60	มาก
รวม	4.40	0.66	มาก

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา ทั้ง 3 ด้าน โดยประเมินจากผู้ใช้งานทั่วไป 40 ท่าน ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.66 ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.66) ดังนั้นแสดงให้เห็นถึงความพึงพอใจของระบบ การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา อยู่ในระดับมาก



ภาพที่ 12 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบ โดยรวม

อภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ สังเคราะห์ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของระบบ จากการประเมินประสิทธิภาพของระบบจากผู้เชี่ยวชาญ และการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานระบบ การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา สามารถอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา จากการสังเคราะห์ข้อมูลระบบออกแบบออนไลน์จำนวน 10 เว็บไซต์ ทำให้ทราบแนวทางในการออกแบบเพื่อนำมาพัฒนาระบบ ทั้งด้านเอกลักษณ์ของแต่ละระบบ ด้านฟังก์ชันที่ให้ผู้ใช้งานสามารถออกแบบชิ้นงานของตน ด้านการชำระแพ็คเกจต่างๆ เพื่อนำชิ้นงานที่ออกแบบมาใช้ สอดคล้องกับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณาซึ่งได้มีการออกแบบฟังก์ชันต่าง ๆ เช่น รูปทรง เติมเพลต คลิปอาร์ต การใช้ในส่วนของเลย์เออร์ เป็นต้น (Tangchaiburana & Watcharapanyawong Techametheekul, 2017) ทางผู้วิจัยได้มีการทดสอบระบบ และได้ผลจากการประเมินประสิทธิภาพของระบบและความพึงพอใจ ส่งผลให้ผู้ที่มาทดลองใช้ในด้านของความครบถ้วนของฟังก์ชันในการทำงานของระบบ ความสะดวกในการใช้คำสั่งของระบบ และความง่ายในการใช้งานของระบบบริการออกแบบ ส่งผลให้ภาพรวมของการประเมินอยู่ในระดับมาก ผู้ใช้สามารถแจ้งรายละเอียดในการออกแบบโลโก้ให้แก่ทางร้านค้าได้โดยตรง ใช้เวลาไม่นานในการได้รับสินค้าและสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาโครงการด้านในการพัฒนาระบบของธุรกิจอื่นๆ ที่นำระบบออกแบบไปใช้ ส่งผลให้สามารถนำมาส่งเสริมการขายได้ (Belch & Belch, 2018) ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ นนทียา เนาว์สุวรรณ และศุภฤกษ์ โพธิ์ไพรัตน์ (2565) ที่นำเว็บไซต์ลาซาต้าสอดคล้องกับการนำกลยุทธ์ทางการตลาดและการส่งเสริมการขาย เพื่อให้กระตุ้นยอดขายอย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากปัจจุบันประชากรส่วนใหญ่ได้หันมาซื้อสินค้าในธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างความสะดวกสบายในการสั่งซื้อสินค้าที่ง่ายและมีความปลอดภัยต่อการทำธุรกรรมออนไลน์มากยิ่งขึ้น นอกจากการส่งเสริมให้กับผู้ประกอบการแล้วยังเพิ่มการมีส่วนร่วมในการออกแบบชิ้นงานของตนเองได้ สอดคล้องกับ นฤมล ญาณสมบัติ และเจนวิษญ์ ทองอ่อน (2564) ใน

การสร้าง ความแตกต่างด้านภาพลักษณ์ ช่วยสร้างความแตกต่างและสามารถออกแบบตราสินค้าให้เข้าถึงธุรกิจของตนได้อย่างแท้จริง ทั้งยังเป็น การสร้างมูลค่าตราสินค้าส่งผลให้เกิดความได้เปรียบทางการแข่งขันของธุรกิจในการจดจำตราสินค้าได้ของผู้บริโภค

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท ดับบลิว.ที. โกลเด้น เฟลม จำกัด ที่อนุเคราะห์ให้ข้อมูลในการทำวิจัยและนำเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการออกแบบโลโก้สินค้าและสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณาไปใช้งานจริงให้เกิดประโยชน์ในการดำเนินการธุรกิจ และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะครุศาสตร์ และ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ที่สนับสนุนการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมสรรพากร. (2557). ความรู้เกี่ยวกับอีคอมเมิร์ซ. กรมสรรพากร. <https://www.rd.go.th/26228.html>.
- จุฬารัตน์ ชันแก้ว. (2561). กลยุทธ์การตลาดดิจิทัลและผลการดำเนินงานทางการตลาด หลักฐานเชิงประจักษ์จากธุรกิจบริการในประเทศไทย. *Creative Business and Sustainability Journal*, 41(1), Art. 1.
- ชลิตพันธ์ บุญมีสุวรรณ. (2563). นวัตกรรมและการปรับตัวของธุรกิจในยุคดิจิทัล. *Business Review Journal*, 12(2), Article 2.
- ชูศักดิ์ ยาทองไชย, และวิไลรัตน์ ยาทองไชย. (2564). การพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ผ้าทอพื้นบ้านสินค้าระดับพรีเมียมกลุ่มชาติพันธุ์เขมร. *วารสารวิชาการ การจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 8(1), Art. 1.
- นนทยา เนาว์สุวรรณ, และศุภฤกษ์ โพธิ์ไพรัตน์. (2565). อิทธิพลของปัจจัยการส่งเสริมการขายออนไลน์ตามแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี และแบบแผนพฤติกรรมที่มีต่อพฤติกรรมการซื้อสินค้าประเภทแฟชั่นทางเว็บไซต์ลาซาด้า. *วารสารการสื่อสารมวลชน*, 10(1), Art. 1.
- นฤมล ญาณสมบัติ, และเจนวิชัย ทองอ่อน. (2564). การเพิ่มมูลค่าตราสินค้าโดยใช้ตราสัญลักษณ์และเครื่องหมายทางการค้า. *Journal of Management Science Review*, 23(2), Art. 2.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2560). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ภัทรภรณ์ เอกวิทยาเวชนกุล. (2564). กลยุทธ์การตลาดอาหารเสริมสมุนไพรไทยสู่ตลาดโลก. *مج.ร.เลย ปริทัศน์*, 2(3), Art. 3.
- มานพ ชุ่มอ่อน, และอาวสิน ใจแก้ว. (2563). การ ออกแบบตราสินค้า โมเดลธุรกิจ และกลยุทธ์การตลาด เชิงสร้างสรรค์ในผลิตภัณฑ์จากมะเข็ญในจังหวัดเชียงใหม่. *Journal of Accountancy and Management*, 12(4):13–29.
- รัตนา แซ่ลิ้ม, และสมชาย เล็กเจริญ. (2563). โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุการตัดสินใจใช้บริการออกแบบโลโก้ผ่านเฟซบุ๊กของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. *วารสาร มจร พุทธปัญญาปริทรรศน์*, 5(2), Art. 2.
- วิชนาด ทิวะสิงห์. (2562). การออกแบบตราสินค้าเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์สินค้าเกษตรอินทรีย์ประเภทชาใบชาหอมมะลิไทยสุวรรณ จังหวัดร้อยเอ็ด. *Art and Architecture Journal Naresuan University*, 10(2):151–62.
- สิริชัย ดีเลิศ, และเยาวลักษณ์ รวมอยู่. (2560). การใช้สื่อสังคมออนไลน์อินสตาแกรมเพื่อสร้างความสำเร็จในการรับรู้ภาพลักษณ์ตราสินค้าของธุรกิจ. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and Arts)* 10(1):1422–38.
- สุวรรณีย์ ห้วยหงษ์ทอง, และวิรัชรา เปรมกลาง. (2564). การศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคสื่อออนไลน์ในธุรกิจค่ายเพลง. *วารสารนิเทศศาสตร์ธุรกิจบัณฑิตย์*, 15(2), Art. 2.
- อริสรา ไวยเจริญ. (2561). การสร้างประสบการณ์ตราสินค้ากับผู้บริโภคในยุคดิจิทัล. *วารสารนิเทศศาสตร์ธุรกิจบัณฑิตย์*, 12(1), Art. 1.
- Belch, G., & Belch, M. (2018). *Advertising and promotion: An integrated marketing communications perspective* (11th ed.). NY: McGraw-Hill Higher Education.
- Tangchaiburana, S., & Watcharapanyawong Techametheekul, K. (2017). Development model of web design element for clothing e-commerce based on the concept of mass customization. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 38(3), Art. 3.

การพัฒนาระบบสำรองที่พักรับสำหรับแมวเพื่อส่งเสริมธุรกิจโรงแรมแมว

มณฑนา จับปริง¹ ณัฐชา วัฒนประภา^{2*} ภาชญา เชี่ยวชาญ³ และ ธนากร อุษานิชย์⁴

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาระบบสำรองที่พักรับสำหรับแมว 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบสำรองที่พักรับสำหรับแมว 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสำรองที่พักรับสำหรับแมว ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ประชาชนผู้เป็นเจ้าของแมวในเขตกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่ คอมพิวเตอร์พกพา โทรศัพท์มือถือ และ wix.com ผลการวิจัย พบว่า ประสิทธิภาพของระบบสำรองที่พักรับสำหรับแมวอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.98 และผู้ใช้งานระบบสำรองที่พักรับสำหรับแมวมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46

คำสำคัญ: เว็บแอปพลิเคชัน ระบบสำรองที่พักรับ โรงแรมแมว รับฝากเลี้ยงสัตว์

¹ นักศึกษาระดับปริญญาตรี, สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมดิจิทัลและคอนเทนต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา 10300

^{2,3} อาจารย์, สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมดิจิทัลและคอนเทนต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา 10300

⁴ ผศ.ดร., สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมดิจิทัลและคอนเทนต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา 10300

¹ Student of Bachelor of Information Science Program in Digital Innovation and Content Management, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok, 10300

^{2,3} Lecturer, Department of Digital Innovation and Content Management, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok, 10300

⁴ Asst. Prof. Dr., Department of Digital Innovation and Content Management, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok, 10300

* Corresponding Author: E-mail: natcha.wa@ssru.ac.th

Abstract

This research involves both research and development. The objectives were: 1) to develop the cat accommodation reservation system; 2) to evaluate the efficiency of the cat accommodation reservation system; and 3) to assess the satisfaction of the cat reservation system users. The population used in this study were people who own cats in Bangkok. The instrument used for data collection was a questionnaire. The statistics used were percentage, mean, and standard deviation. The statistical significance level was set at 0.5. The tools used in system development were portable computers, mobile phones, and Wix.com. The results showed that the efficiency of the reservation system for cats was high. The mean was 3.98, and users of the cat accommodation reservation system were satisfied at a high level. with an average of 4.46.

Keyword: Web Application, Reservation System, Cat Hotel, Pet Boarding

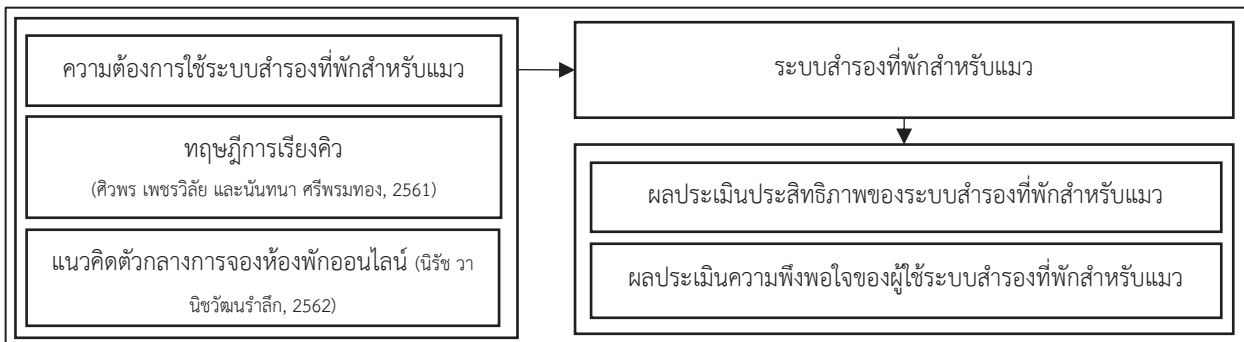
บทนำ

ในสภาพสังคมและเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไป ค่านิยมครองตัวเป็นโสดเพิ่มมากขึ้น การแต่งงานช้าลง ทำให้อายุแรกสมรสเพิ่มมากขึ้น (ภัทรพร ดาสิงห์ และ ศุทธิดา ชวนวัน, 2559) ส่งผลให้เกิดภาวะมีบุตรยาก (สุภลักษณ์ พารา, 2562) หรือค่านิยมในการใช้ชีวิตคู่แบบไม่สมรส และไม่มีลูก มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะในวัยทำงานของกลุ่ม Gen Y ที่เกิดในช่วงปี พ.ศ. 2523 ถึง 2543 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, ม.ป.ป.) ซึ่งเป็นผลให้คนเกิดความเหงา ผู้คนจึงหันมาเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นเพื่อนคลายเหงา และด้วยความน่ารักของสัตว์เลี้ยงจึงทำให้ ผู้คนมีความรู้สึกผูกพันเหมือนสมาชิกในครอบครัว (กมลทิพย์ พิทักษ์วาตินนท์, 2562) ส่งผลให้ธุรกิจสัตว์เลี้ยงเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดย “วรพัทธ์ อัครกุลไกรเลิศ นายกสมาคมอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์สัตว์เลี้ยงไทย TPIA” เปิดเผยว่า ผลิตภัณฑ์สัตว์เลี้ยงในปี 2566 ยังมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง 8-10%” โดยเฉพาะกลุ่มแมวเป็นกลุ่มที่เติบโตอย่างต่อเนื่องเป็นลำดับ 1 (วรพลเพชรสุทธิ์ และณัฐา มีเจริญ, ม.ป.ป.)

ปัจจุบันกระแสการเลี้ยงสัตว์เปลี่ยนไปจากเดิมที่เลี้ยงสัตว์ในลักษณะเป็นเจ้าของ (Ownership) สู่การเลี้ยงสัตว์แบบ Pet parent คือ การเลี้ยงสัตว์แบบผูกพันเหมือนสมาชิกในครอบครัว ทำให้มีอุปสงค์การเลี้ยงดูสูงขึ้น (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, 2565) และบทความเรื่องความต้องการและการดำเนินงานของธุรกิจโรงแรมรับฝากแมว ได้สำรวจผู้เลี้ยงแมวในเขตกรุงเทพมหานครพบว่า ส่วนใหญ่สนใจธุรกิจโรงแรมรับฝากเลี้ยงแมว เพราะบางครั้งต้องเดินทางไปทำธุรกิจ ไม่สามารถทิ้งแมวไว้ที่บ้านตามลำพังได้ และคิดว่ามันปลอดภัยกว่าถ้าเอาแมวไปไว้ที่โรงแรม และให้ความเห็นว่าราคาค่าบริการสมเหตุสมผล (กมลทิพย์ พิทักษ์วาตินนท์, 2562) ด้วยเทคโนโลยีแห่งโลกดิจิทัลในปัจจุบันนี้คงปฏิเสธไม่ได้ว่าพฤติกรรมของคนส่วนใหญ่ ทำธุรกรรมผ่านอินเทอร์เน็ต เพราะมีความสะดวกสบาย รวดเร็วและสามารถทำได้ทุกที่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ต รูปแบบของพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์จึงกลายเป็นเครื่องมือสำคัญในสร้างความแตกต่างและคุณค่าของสินค้า ทำให้ธุรกิจตัวกลางให้บริการด้านการจองห้องพักได้รับความนิยมมาก (พรกมล ลีมนานุกุล, 2560) (สนทยา พลพาสังข์ และ รัชชนันท์ หลาบมาลา, 2560) ผู้วิจัยจึงได้ทำการสำรวจความต้องการใช้ระบบสำรองที่พักสำหรับแมว พบว่า ผู้ใช้มีความต้องการใช้ระบบร้อยละ 60 ซึ่งให้เหตุผลในการเลือกใช้บริการในด้านความสะดวกรวดเร็ว อยากรองใช้บริการใหม่ๆ เปรียบเทียบกับที่พักอื่นได้ ชำระเงินออนไลน์ได้ เป็นต้น

จากผลการสำรวจข้างต้นนับว่าเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการธุรกิจรับฝากเลี้ยงแมว หรือโรงแรมแมว และผู้เลี้ยงแมวดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบสำรองที่พักสำหรับแมวจน ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อเป็นตัวกลางการซื้อขายระหว่างผู้ประกอบการและผู้ให้บริการ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

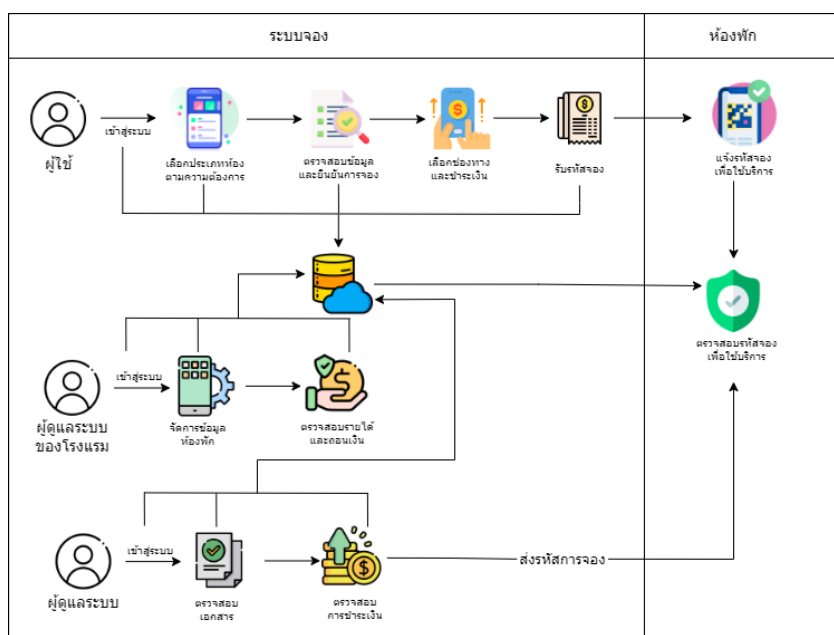


ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์ระบบ

เป็นกระบวนการนำข้อมูลที่ได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูล กำหนดรายละเอียดของการพัฒนาระบบสำรองที่พัคออนไลน์สำหรับแม่



ภาพที่ 2 แสดงแผนภาพการทำงานของระบบ (System Flow Diagram)

การออกแบบระบบ

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบกระบวนการทำงานของระบบ โดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์แผนภาพแสดงการทำงานของระบบ (System Flow Diagram) แผนภาพแสดงการทำงานของผู้ใช้งานระบบ (Use Case Diagram) แผนภาพแสดงการทำงานของผู้ใช้ระบบ (Use Case Description) แผนภาพแสดงกิจกรรม (Activity Diagram) แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคลาส

(Class Diagram) พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary) แผนภาพกระบวนการทำงานแบบลำดับปฏิบัติสัมพันธ์ของระบบ (Sequence Diagram) แผนภาพบริบทของระบบ (Context Diagram) และแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) ทั้งยังออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ (Graphical User Interface : GUI) ของการพัฒนาบระบบสำรองที่พักออนไลน์สำหรับแมว ก่อนที่จะทำการพัฒนาระบบที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง

การพัฒนาและทดสอบระบบ

ผู้วิจัยเลือกใช้ wix.com ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์สำเร็จรูป มีระบบฐานข้อมูลพร้อมเครื่องมือในการออกแบบและสามารถพัฒนาระบบสำรองที่พักสำหรับแมวเพื่อส่งเสริมธุรกิจโรงแรมแมว ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันกลางสำหรับผู้ประกอบการและผู้ใช้บริการได้อย่างรวดเร็วและทันสมัย ทดสอบระบบโดยผู้พัฒนา และประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

ระเบียบวิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ประชาชนผู้เป็นเจ้าของแมวในเขตกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บความต้องการของผู้ที่คาดว่าจะใช้ระบบ ใช้วิธีเลือกสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ จำนวน 106 คน แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบสำรองที่พักสำหรับแมว ใช้วิธีเลือกสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 5 คน และแบบสำรวจความพึงพอใจผู้ใช้ระบบสำรองที่พักสำหรับแมว ใช้วิธีเลือกสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบโควต้า จำนวน 70 คน และเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่ คอมพิวเตอร์พกพา โทรศัพท์มือถือ และ wix.com สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

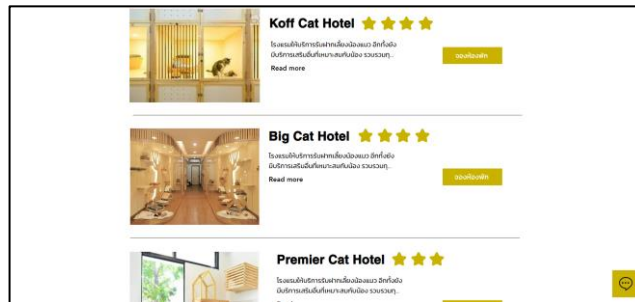
สรุปผลการวิจัย

ผลการพัฒนาระบบสำรองที่พักสำหรับแมวเพื่อส่งเสริมธุรกิจโรงแรมแมว

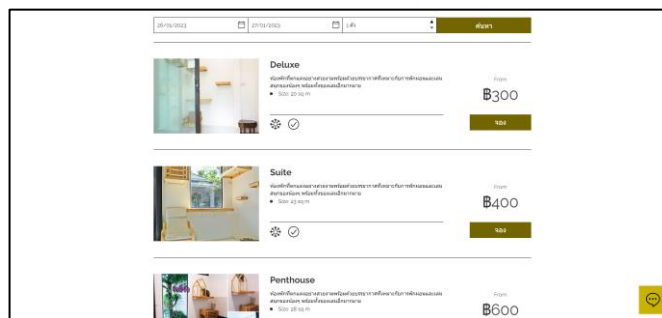
เป็นการพัฒนาระบบขึ้นเพื่อเพิ่มช่องทางให้แก่ผู้ใช้งานที่ต้องการจองที่พักแมวผ่านระบบออนไลน์ สามารถทำงานได้ทุกฟังก์ชันตามขอบเขตและตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนผู้ใช้งาน (User) และส่วนผู้ดูแลระบบ (Admin) โดยผู้ใช้งานสามารถเริ่มการใช้งานโดยการเข้าสู่เว็บไซต์และสมัครสมาชิกเพื่อเข้าใช้ส่วนของระบบการจองที่พัก ผู้ใช้งานสามารถเลือกวันที่เช็คอิน วันที่เช็คเอาท์ จำนวนสัตว์เลี้ยงที่เข้าพักได้ด้วยตนเอง จากนั้นระบบจะทำการประมวลผลหาข้อมูลที่ตรงกันเพื่อคัดเลือกโรงแรมและห้องพักที่ว่างให้ ซึ่งจะแสดงข้อมูลที่พัก อุปกรณ์อำนวยความสะดวก และราคา ผู้ใช้งานสามารถเลือกโรงแรมและห้องพักที่สนใจได้เพื่อทำการจอง และยังมีบริการเสริมที่ผู้ใช้งานสามารถเลือกเพิ่มได้ คือ อาบน้ำ ตัดขน เดินเล่น และพบแพทย์ อัตราค่าบริการขึ้นอยู่กับแต่ละสถานที่ หลังจากนั้นผู้ใช้งานจะเข้าสู่หน้าการกรอกข้อมูลเพื่อเข้าพัก จะเป็นการกรอกข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการจะนำสัตว์เลี้ยงเข้าพัก ทั้งยังเป็นการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการทำตลาดให้ตรงกลุ่มเป้าหมายได้ในอนาคต



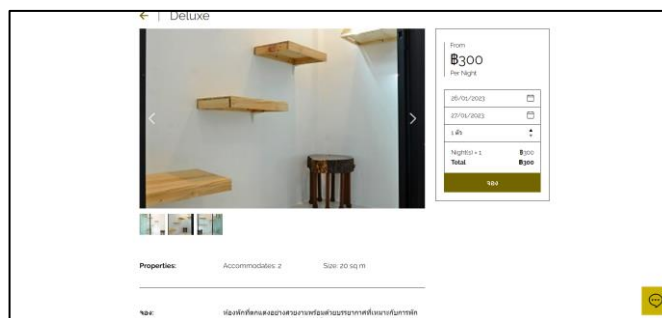
ภาพที่ 3 แสดงหน้าจอหลักของระบบ



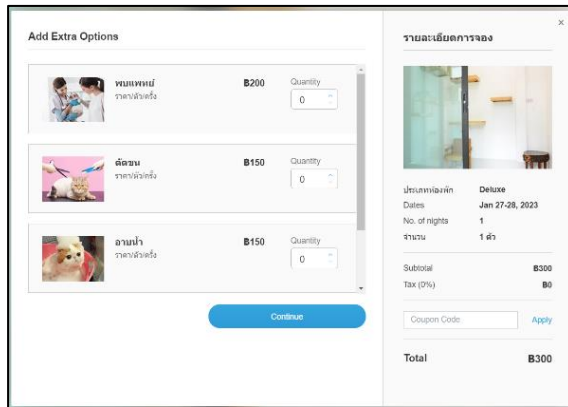
ภาพที่ 4 แสดงหน้าจอที่พักยอตนิยม



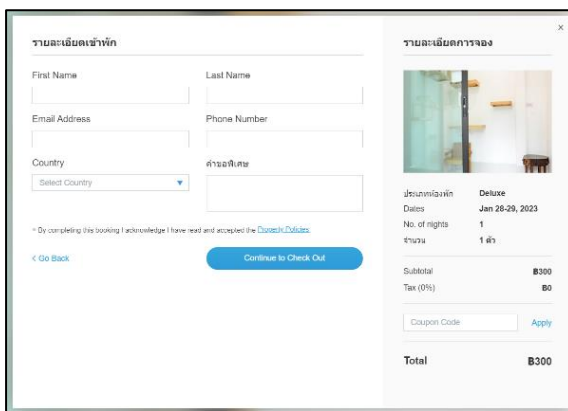
ภาพที่ 5 แสดงหน้าจอประเภทของห้องพัก



ภาพที่ 6 แสดงหน้าจอรายละเอียดของห้องพัก



ภาพที่ 7 แสดงหน้าจอการเพิ่มบริการเสริม



ภาพที่ 8 แสดงหน้าจอเกี่ยวกับรายละเอียดของการจอง

ผลประโยชน์ประสิทธิภาพของระบบสำรองที่พักสำหรับแมว

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสำรองที่พักสำหรับแมว

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ด้านการทำงานตามความต้องการของผู้ใช้	3.75	75.00	0.95
ด้านความง่ายต่อการใช้งาน	4.00	80.00	1.03
ด้านประสิทธิภาพ	4.20	84.00	0.53

จากตารางที่ 1 พบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสำรองที่พักสำหรับแมวโดยภาพรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับผลการพิจารณาเป็นรายด้าน ได้แก่ ด้านการทำงานตามความต้องการของผู้ใช้ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ด้านความง่ายต่อการใช้งาน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และประสิทธิภาพ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสำรองที่ปักสำหรับแมว

ตารางที่ 2 ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสำรองที่ปักสำหรับแมว

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ด้านเนื้อหา	4.43	88.60	0.62
ด้านการออกแบบ	4.45	89.00	0.58
ด้านการนำไปใช้	4.52	90.40	0.54

จากตารางที่ 2 พบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสำรองที่ปักสำหรับแมวโดยภาพรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับผลการพิจารณาเป็นรายด้าน ได้แก่ ด้านการนำไปใช้ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ด้านการออกแบบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และด้านเนื้อหา ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผล

การพัฒนาาระบบสำรองที่ปักสำหรับแมวเพื่อส่งเสริมธุรกิจโรงแรมแมว สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ (นิชาภา ปวรภคินันท์, 2564) และ (กานตา ถิ่นทัพไทย, 2560) โดยการนำปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการรับฝากสัตว์เลี้ยงแบบค้างคืนมาประยุกต์ใช้ในการจัดทำแบบสอบถามหาความต้องการใช้งานระบบ เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ในการพัฒนาาระบบสำรองที่ปักสำหรับแมว โดยเน้นไปยังส่วนที่ผู้ใช้งานระบบเข้าใช้งานเป็นส่วนใหญ่ และยังนำข้อดีข้อเสียของแต่ละปัจจัยมาเปรียบเทียบก่อนนำไปพัฒนาและทดสอบระบบเพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานระบบ และวัตถุประสงค์ของงานวิจัยอย่างมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (กชพรรณ โมทองกุล และ มณฑกานต์ นามโคตร, 2562) สำหรับขั้นตอนของการพัฒนาาระบบสำรองห้องพัก สอดคล้องกับงานวิจัยของ (สนทยา พลพาลสังข์ และรัชชนันท์ หลาบมาลา, 2560) ซึ่งได้แบ่งระบบออกเป็น 2 ส่วน คือผู้ใช้งานระบบ และผู้ดูแลระบบ โดยผู้ดูแลระบบสามารถจัดการ ดูแลปรับปรุงห้องพักผ่านหน้าระบบได้ ทั้งนี้ระบบยังมีการสำรองข้อมูลที่จำเป็น อย่างเช่น ข้อมูลผู้ใช้ ข้อมูลการจอง ข้อมูลที่พัก ข้อมูลวันที่ เป็นต้น ซึ่งทำให้ระบบสำรองที่ปักสำหรับแมว สามารถประมวลผลข้อมูลได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ นี้เพื่อจัดทำแผนการตลาดหรือเสนอสินค้าบริการอื่นๆ ให้ตรงกลุ่มเป้าหมายได้เช่นกัน

อ้างอิง

- กชพรรณ โมทองกุล และ มณฑาทันต์ นามโคตร. (2562). การพัฒนาระบบจองห้องประชุมออนไลน์ สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัดขอนแก่น. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 2(2), Article 2.
- กมลทิพย์ พิทักษ์วาตินนท์. (2562). ความต้องการและการดำเนินงานของธุรกิจโรงแรมรับฝากแมว. <http://www.ceos-abstract.ru.ac.th/index.php/abstractData/viewIndex/60>
- กรมพัฒนาธุรกิจการค้า. (2565). *ธุรกิจบริการดูแลสัตว์เลี้ยง*. สืบค้น 20 เมษายน 2023, จาก https://www.dbd.go.th/more_news.php?cid=1465
- กานดา ถิ่นทัพไทย. (2560). *กลยุทธ์การสร้างความพึงพอใจในการใช้บริการรับฝากสัตว์เลี้ยงของผู้ใช้บริการ*. (ID TU Digital 126475) [วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์]/Research and Thesis.
- นิชาภา ปวรกณันท์. (2564). *ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการรับฝากสัตว์เลี้ยงแบบค้างคืนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล*. (ID TU Digital 270540) [วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์] Research and Thesis.
- นิรัช วานิชวัฒนารำลึก และวรสิทธิ์ ชูชัยวัฒนา (2562). การพัฒนาระบบจองที่พักสำหรับโรงแรมในเครือบริษัทอัลเดียร่า. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. [วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์] ศูนย์ข้อมูลการวิจัย Digital "วช."
- พรกมล ลิ้มโรจน์นุกุล. (2560). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้บริการจองห้องพักผ่านตัวกลางออนไลน์*. (ID TU Digital 90918) [ค้นคว้าอิสระ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์] Research and Thesis.
- ภัทรพร ดาสิงห์ และ ศุทธิดา ชวนวัน. (2559). ชีวิตที่ออกแบบเองได้ของคนโสดที่อาศัยอยู่ตามลำพัง. *วารสารการวิจัยกาสะลองคำ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่*, 10(2), Article 2.
- วรพลเพชรสุทธิ และณัฐา มีเจริญ. (ม.ป.ป.). *ธุรกิจสัตว์เลี้ยงปี 2566 สดใสแน่นอน*. เดลินิวส์. สืบค้น 19 เมษายน 2023, จาก <https://www.dailynews.co.th/articles/1844568/>
- ศิวพร เพชรวิสัย, และนันทนา ศรีพรมทอง. (2561). ระบบการจองคิวและจัดการร้านอาหารออนไลน์แฮนด์ทุสโต้. [โครงการ, มหาวิทยาลัยสยาม] e-research.
- สนทยา พลพาลสังข์ และ รัชชนันท์ หลาบมาลา. (2560). การพัฒนาการพัฒนาระบบจองห้องพักออนไลน์ กรณีศึกษา อุทยานแห่งชาติตาโต. *วารสารวิชาการ “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ”*, 3(2), Article 2.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ, (ม.ป.ป.). *ทำไมคนไทยถึงไม่ยอมมีลูก*. สืบค้น 19 เมษายน 2023, จาก https://www.nso.go.th/sites/2014/Lists/Infographic/Attachments/149/170+65_1.pdf
- สุภรณ์ พารา. (2562). ปัจจัยที่มีผลต่อการตั้งครมในคู่สมรสที่เข้ารับการรักษาภาวะมีบุตรยาก: กรณีศึกษาที่ศูนย์รักษาผู้มีบุตรยาก โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ. *Thammasat University Hospital Journal Online*, 4(2), Article 2.

การทำซ้ำส่วนประกอบของกราฟในกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์และการกำกับเกรซฟูล

ศุภรัตน์ คุณมี¹ และ ศิวพร แซ่วัน^{2*}

บทคัดย่อ

การกำกับเกรซฟูลของกราฟเชื่อมโยง G ที่มีเส้นเชื่อม q เส้น คือฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง f จากเซตของจุดยอดไปยังเซตของจำนวนเต็ม $\{0,1,2, \dots, q\}$ โดยที่ สำหรับแต่ละเส้นเชื่อม $e = uv$ ถูกกำหนดด้วยการกำกับเส้นเชื่อม $|f(u) - f(v)|$ สำหรับทุก $u, v \in V(G)$ ผลลัพธ์ของการกำกับเส้นเชื่อมต้องแตกต่างกัน จะเรียกรูป G ว่ากราฟเกรซฟูล ถ้ากราฟ G มีการกำกับเกรซฟูล Rosa เรียกการกำกับนี้ว่าการกำกับ β และ Golomb เรียกว่าการกำกับเกรซฟูล ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการกำกับเกรซฟูลของกราฟซึ่งสร้างจากการการทำซ้ำเส้นเชื่อมของกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ และทำซ้ำจุดยอดของกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ นอกจากนี้ยังได้แสดงว่าทั้งสองกราฟเป็นกราฟเกรซฟูล

คำสำคัญ: การกำกับเกรซฟูล การทำซ้ำจุดยอด การทำซ้ำเส้นเชื่อม กราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์

¹ นิสิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

² รองศาสตราจารย์, สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹ Undergraduate, Department of Mathematics and Statistice, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung 93210

² Associate Professor, Department of Mathematics and Statistice, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung 93210

* Corresponding Author: E-mail: si_wa_pon@hotmail.com

Duplication of graph elements in complete tripartite graphs and graceful labeling

Supharat Koonmee¹ and Siwaporn Saewan^{2*}

Abstract

A graceful labeling of a connected graph G with q edges is an injective function from the set of vertices to the set of integers $\{0, 1, 2, \dots, q\}$ such that for any edge $e = uv$ is assigned the edge label $|f(u) - f(v)|$ for all $u, v \in V(G)$, the resulting edge labels are distinct. A graph G is call graceful if it has a graceful labeling. Rosa called this labeling as β -valuation and Golomb called it as graceful labeling. In this paper, we study the graceful labeling of graphs obtained by duplication of an edge of complete tripartite graphs and duplication of a vertex of complete tripartite graphs. Moreover, we show that two graphs are graceful.

Keywords: Graceful Labeling, Duplication of a Vertex, Duplication of an Edge, Complete Tripartite Graph

บทนำ

กราฟ G ประกอบด้วยเซตจำกัด $V(G)$ ที่ไม่เป็นเซตว่างของจุดยอด (Vertex) และเซตจำกัด $E(G)$ ของเส้นเชื่อม (Edge) ซึ่งเชื่อมระหว่างจุดยอดใน $V(G)$ ถ้ากราฟ G มีจำนวนจุดยอด p จุด แล้วจะเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $|V(G)| = p$ ถ้ากราฟ G มีจำนวนเส้นเชื่อม q เส้น แล้วจะเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $|E(G)| = q$ ย่านใกล้เคียง (Neighborhood) ของจุดยอด v ในกราฟ G คือ เซตของจุดยอดทั้งหมดที่ประชิดกับจุดยอด v เขียนแทนย่านใกล้เคียงของจุดยอด v ด้วยสัญลักษณ์ $N(v)$ นั่นคือ $N(v) = \{v \in V(G) | uv \in E(G)\}$

Rosa (1967) ได้นำเสนอแนวคิดการกำกับกราฟเชื่อมโยง G เรียกการกำกับดังกล่าวว่า การกำกับ β (β – Labeling) ต่อมา Golomb (1972) ได้เรียกการกำกับดังกล่าวว่า การกำกับเกรซฟูล (Graceful Labeling) โดยกำกับจุดยอดในกราฟ G ด้วยจำนวนเต็มที่แตกต่างกันภายใน $\{0,1,2, \dots, |E(G)|\}$ และกำกับเส้นเชื่อมในกราฟ G ด้วยจำนวนเต็มบวกที่แตกต่างกันในเซต $\{1,2,3, \dots, |E(G)|\}$ ซึ่งการกำกับเส้นเชื่อมแต่ละเส้น คือค่าสัมบูรณ์ของผลต่างของการกำกับจุดยอดซึ่งเป็นจุดยอดปลายของเส้นเชื่อนั้น

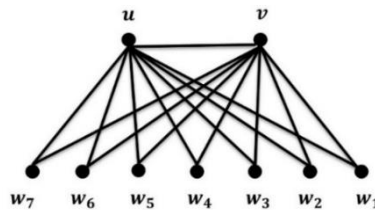
บทนิยาม 1 ให้ G เป็นกราฟเชื่อมโยง กำหนดฟังก์ชัน f และ f^* ดังนี้

$$f: V(G) \rightarrow \{0,1,2, \dots, |E(G)|\} \text{ และ } f^*: E(G) \rightarrow \{1,2,3, \dots, |E(G)|\}$$

โดยที่ $f^*(uv) = |f(u) - f(v)|$ สำหรับทุกจุดยอด $u, v \in V(G)$ และเส้นเชื่อม $uv \in E(G)$ ถ้า f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง และ f^* เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งทั่วถึง แล้วจะเรียก f ว่าการกำกับเกรซฟูล (Graceful Labeling) บนกราฟ G และถ้ากราฟ G มีการกำกับเกรซฟูล f แล้วเรียกกราฟ G ว่ากราฟเกรซฟูล (Graceful Graph)

นักวิจัยทางด้านทฤษฎีกราฟหลายท่านได้ศึกษาเกี่ยวกับการกำกับเกรซฟูลบนกราฟ G เช่น Kaneria and Chudasama (2017) ศึกษาการกำกับเกรซฟูลในบริบทการทำซ้ำองค์ประกอบบนกราฟสองส่วนบริบูรณ์ $K_{m,n}$ Koh et al., (2015) ศึกษาการกำกับเกรซฟูลบนกราฟใหม่ที่ได้จากการเชื่อม (Join) กราฟบริบูรณ์ K_n (Complete Graph) Boxwala and Vashishta (2015) ศึกษาการกำกับเกรซฟูลของกราฟใหม่ซึ่งได้จากการดำเนินการบนกราฟวง กราฟวงล้อ และกราฟวิถี คิวพร และคณะ (2563) ศึกษาการกำกับเกรซฟูลในบริบทการทำซ้ำสมาชิกบนกราฟวิถี P_n และ Seoud and Youssef (1997) ศึกษาการกำกับบนกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,p,n}$

กำหนดให้กราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,n}$ มีเซตแบ่งส่วนคือ $M = \{u\}$ $N = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_n\}$ และ $R = \{v\}$ แสดงกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,n}$ ดังรูปที่ 1

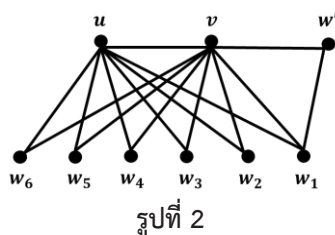


รูปที่ 1

Seoud and Youssef (1997) พบว่าการกำกับเกรซฟูลบนกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,n}$ คือ $f: V(K_{1,1,n}) \rightarrow \{0,1,2, \dots, 2n + 1\}$ โดยที่ $f(u) = 0$ $f(v) = 1$ และ $f(w_i) = 2i + 1$ เมื่อ $i = 1,2,3, \dots, n$

บทนิยาม 2 กำหนดให้จุดยอด u และ v เป็นจุดยอดบนกราฟ G และกราฟ G' เป็นกราฟใหม่สร้างจากการทำซ้ำเส้นเชื่อม $e = uv$ ในกราฟ G ด้วยจุดยอดใหม่ v' โดยที่ $N(v') = \{u, v\}$ เรียกกราฟ G' ว่ากราฟทำซ้ำเส้นเชื่อม e ในกราฟ G ด้วยจุดยอดใหม่ v'

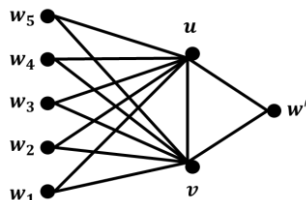
กราฟใหม่ที่สร้างจากการทำซ้ำเส้นเชื่อม vw_1 จำนวนหนึ่งเส้นบนกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,6}$ ด้วยจุดยอดใหม่ w' แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2

บทนิยาม 3 กำหนดให้จุดยอด v_k เป็นจุดยอดบนกราฟ G และกราฟ G' เป็นกราฟใหม่สร้างจากการทำซ้ำจุดยอด v_k ในกราฟ G ด้วยจุดยอดใหม่ v'_k โดยที่ $N(v_k) = N(v'_k)$ เรียกกราฟ G' ว่ากราฟทำซ้ำจุดยอด v_k ในกราฟ G ด้วยจุดยอดใหม่ v'

กราฟใหม่ที่สร้างจากการทำซ้ำจุดยอด w_1 จำนวนหนึ่งจุดบนกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,5}$ ด้วยจุดยอดใหม่ w' แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3

สำหรับจุดมุ่งหมายในงานวิจัยนี้ คือสร้างกราฟใหม่โดยการทำซ้ำเส้นเชื่อมบนกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,n}$ ด้วยจุดยอดใหม่ และการทำซ้ำจุดยอดบนกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,n}$ ด้วยจุดยอดใหม่ พร้อมทั้งหาการกำกับเกรชฟูลของกราฟใหม่ทั้ง 2 กราฟ นอกจากนั้นได้แสดงการพิสูจน์ว่าการกำกับเกรชฟูลของทั้ง 2 กราฟสอดคล้องตามบทนิยาม 1

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาการกำกับเกรชฟูลและการสร้างกราฟใหม่จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. สร้างกราฟใหม่โดยการทำซ้ำเส้นเชื่อมในกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,n}$ ด้วยจุดยอดใหม่ และการทำซ้ำจุดยอดในกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,n}$ ด้วยจุดยอดใหม่ พร้อมทั้งหาการกำกับเกรชฟูลในรูปแบบทั่วไปของกราฟใหม่ทั้ง 2 กราฟ
3. แสดงการพิสูจน์ทฤษฎีบทที่ได้

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ทฤษฎีบทแรกจะแสดงว่ากราฟใหม่ที่สร้างจากการทำซ้ำเส้นเชื่อม vw_1 จำนวนหนึ่งเส้นบนกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,n}$ ด้วยจุดยอดใหม่ w' เป็นกราฟเกรชฟูล

ทฤษฎีบท 1 กำหนดให้ $K_{1,1,n}$ เมื่อ $n \geq 1$ เป็นกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ โดยมีเซตแบ่งส่วน คือ $M = \{u\}$ $R = \{v\}$ และ $N = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_n\}$ ถ้ากราฟ G เป็นกราฟที่สร้างจากการทำซ้ำเส้นเชื่อม vw_1 จำนวนหนึ่งเส้นบนกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,n}$ ด้วยจุดยอดใหม่ w' แล้วกราฟ G เป็นกราฟเกรซฟูล

บทพิสูจน์ กำหนดให้กราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,n}$ มีเซตแบ่งส่วน คือ $M = \{u\}$ $R = \{v\}$ และ $N = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_n\}$ ให้กราฟ G เป็นกราฟที่สร้างจากการทำซ้ำเส้นเชื่อม vw_1 จำนวนหนึ่งเส้น บนกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,n}$ ด้วยจุดยอดใหม่ w' จะได้ว่า จำนวนจุดยอดบนกราฟ G คือ $|V(G)| = n + 3$ และจำนวนเส้นเชื่อมบนกราฟ G คือ $|E(G)| = 2n + 3$ กำหนดการกำกับ $f: V(G) \rightarrow \{0, 1, 2, \dots, 2n + 3\}$ ดังนี้

$f(v) = 0, f(w_1) = 1, f(u) = 2n + 1, f(w') = 2n + 3$ และ $f(w_i) = 2i - 1$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$
ต่อไปจะแสดงว่า f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง ดังนี้

กรณี 1 จะแสดงว่าถ้า $v \neq w_1$ แล้ว $f(v) \neq f(w_1)$

สมมติให้ $v \neq w_1$ และ $f(v) = f(w_1)$

พิจารณา $f(v) = f(w_1)$ จะได้ว่า $0 = 1$ ทำให้เกิดข้อขัดแย้ง ดังนั้น $f(v) \neq f(w_1)$

นั่นคือการกำกับ f บน $\{v\}$ แตกต่างกับการกำกับ f บน $\{w_1\}$

กรณี 2 จะแสดงว่าถ้า $v \neq u$ แล้ว $f(v) \neq f(u)$

สมมติให้ $v \neq u$ และ $f(v) = f(u)$

พิจารณา $f(v) = f(u)$ จะได้ว่า $0 = 2n + 1$ ดังนั้น $n = -\frac{1}{2}$ เกิดข้อขัดแย้ง เนื่องจาก $n \geq 1$

ดังนั้น $f(v) \neq f(u)$ นั่นคือการกำกับ f บน $\{v\}$ แตกต่างกับการกำกับ f บน $\{u\}$

กรณี 3 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $v \neq w'$ แล้ว $f(v) \neq f(w')$

สมมติให้ $v \neq w'$ และ $f(v) = f(w')$

พิจารณา $f(v) = f(w')$ จะได้ว่า $0 = 2n + 3$ ดังนั้น $n = -\frac{3}{2}$ เกิดข้อขัดแย้ง เนื่องจาก $n \geq 1$

ดังนั้น $f(v) \neq f(w')$ นั่นคือการกำกับ f บน $\{v\}$ แตกต่างกับการกำกับ f บน $\{w'\}$

กรณี 4 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $v \neq w_i$ แล้ว $f(v) \neq f(w_i)$

สมมติให้ $v \neq w_i$ และ $f(v) = f(w_i)$

พิจารณา $f(v) = f(w_i)$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ จะได้ว่า $0 = 2i - 1$ ดังนั้น $i = \frac{1}{2}$ เกิดข้อขัดแย้ง

เนื่องจาก $i = 2, 3, 4, \dots, n$ ดังนั้น $f(v) \neq f(w_i)$ นั่นคือการกำกับ f บน $\{v\}$ แตกต่างกับการกำกับ f บน

$\{w_i \mid i = 2, 3, 4, \dots, n\}$

กรณี 5 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $w_1 \neq u$ แล้ว $f(w_1) \neq f(u)$

สมมติให้ $w_1 \neq u$ และ $f(w_1) = f(u)$

พิจารณา $f(w_1) = f(u)$ จะได้ว่า $1 = 2n + 1$ ดังนั้น $n = 0$ เกิดข้อขัดแย้ง เนื่องจาก $n \geq 1$

ดังนั้น $f(w_1) \neq f(u)$ นั่นคือการกำกับ f บน $\{w_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f บน $\{u\}$

กรณี 6 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $w_1 \neq w'$ แล้ว $f(w_1) \neq f(w')$

สมมติให้ $w_1 \neq w'$ และ $f(w_1) = f(w')$

พิจารณา $f(w_1) = f(w')$ จะได้ว่า $1 = 2n + 3$ ดังนั้น $n = -1$ เกิดข้อขัดแย้ง เนื่องจาก $n \geq 1$

ดังนั้น $f(w_1) \neq f(w')$ นั่นคือการกำกับ f บน $\{w_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f บน $\{w'\}$

กรณี 7 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $w_1 \neq w_i$ แล้ว $f(w_1) \neq f(w_i)$

สมมติให้ $w_1 \neq w_i$ และ $f(w_1) = f(w_i)$

พิจารณา $f(w_1) = f(w_i)$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ จะได้ว่า $1 = 2i - 1$ ดังนั้น $i = 1$ เกิดข้อขัดแย้ง

เนื่องจาก $i = 2, 3, 4, \dots, n$ ดังนั้น $f(w_1) \neq f(w_i)$ นั่นคือการกำกับ f บน $\{w_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f บน $\{w_i \mid i = 2, 3, 4, \dots, n\}$

กรณี 8 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $u \neq w'$ แล้ว $f(u) \neq f(w')$

สมมติให้ $u \neq w'$ และ $f(u) = f(w')$

พิจารณา $f(u) = f(w')$ จะได้ว่า $2n + 1 = 2n + 3$ ดังนั้น $1 = 3$ ทำให้เกิดข้อขัดแย้ง

ดังนั้น $f(u) \neq f(w')$ นั่นคือการกำกับ f บน $\{u\}$ แตกต่างกับการกำกับ f บน $\{w'\}$

กรณี 9 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $u \neq w_i$ แล้ว $f(u) \neq f(w_i)$

สมมติให้ $u \neq w_i$ และ $f(u) = f(w_i)$

พิจารณา $f(u) = f(w_i)$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ จะได้ว่า $2n + 1 = 2i - 1$ ดังนั้น $n = i - 1$

แต่เนื่องจาก $i \leq n$ ทำให้ได้ว่า $n \leq n - 1$ เกิดข้อขัดแย้ง ดังนั้น $f(u) \neq f(w_i)$ นั่นคือการกำกับ f บน $\{u\}$ แตกต่างกับการกำกับ f บน $\{w_i \mid i = 2, 3, 4, \dots, n\}$

กรณี 10 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $w' \neq w_i$ แล้ว $f(w') \neq f(w_i)$

สมมติให้ $w' \neq w_i$ และ $f(w') = f(w_i)$

พิจารณา $f(w') = f(w_i)$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ จะได้ว่า $2n + 3 = 2i - 1$ ดังนั้น $n = i - 2$

แต่เนื่องจาก $i \leq n$ ทำให้ได้ว่า $n \leq n - 2$ เกิดข้อขัดแย้ง ดังนั้น $f(w') \neq f(w_i)$ นั่นคือการกำกับ f บน $\{w'\}$ แตกต่างกับการกำกับ f บน $\{w_i \mid i = 2, 3, 4, \dots, n\}$

กรณี 11 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $f(w_i) = f(w_j)$ แล้ว $w_i = w_j$

สมมติให้ $f(w_i) = f(w_j)$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ และ $j = 2, 3, 4, \dots, n$

จะได้ว่า $2i - 1 = 2j - 1$ ดังนั้น $i = j$ นั่นคือ $w_i = w_j$

ดังนั้น จะได้ว่า f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง ต่อไปพิจารณา f^*

จากการกำหนดการกำกับ f จะได้การกำกับ $f^*: E(G) \rightarrow \{1, 2, 3, \dots, 2n + 3\}$ ดังนี้

$$f^*(vw_1) = |f(v) - f(w_1)| = |0 - 1| = 1$$

$$f^*(uw_1) = |f(u) - f(w_1)| = |2n + 1 - 1| = 2n$$

$$f^*(uv) = |f(u) - f(v)| = |2n + 1 - 0| = 2n + 1$$

$$f^*(w'w_1) = |f(w') - f(w_1)| = |2n + 3 - 1| = 2n + 2$$

$$f^*(w'v) = |f(w') - f(v)| = |2n + 3 - 0| = 2n + 3$$

$$f^*(uw_i) = |f(u) - f(w_i)| = |2n + 1 - (2i - 1)| = 2(n - i + 1) \text{ เมื่อ } i = 2, 3, 4, \dots, n$$

แทน $i = 2, 3, 4, \dots, n$ จะได้ $2n - 2, 2n - 4, \dots, 6, 4, 2$ ตามลำดับ

$$f^*(vw_i) = |f(v) - f(w_i)| = |0 - (2i - 1)| = 2i - 1 \text{ เมื่อ } i = 2, 3, 4, \dots, n$$

แทน $i = 2,3,4, \dots, n$ จะได้ $3,5,7, \dots, 2n - 1$ ตามลำดับ ดังนั้น จะได้ว่า

$$\begin{aligned} \{f^*(E(G))\} &= \{f^*(vw_1)\} \cup \{f^*(uw_i) | i = 2,3,4, \dots, n\} \cup \{f^*(vw_i) | i = 2,3,4, \dots, n\} \\ &\quad \cup \{f^*(uw_1)\} \cup \{f^*(uv)\} \cup \{f^*(w'w_1)\} \cup \{f^*(w'v)\} \\ &= \{1,2,3, \dots, 2n + 3\} \end{aligned}$$

นั่นคือ $|\{f^*(E(G))\}| = 2n + 3$

ต่อไปจะแสดงว่า f^* เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง

กรณี 1 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $vw_1 \neq uw_1$ แล้ว $f^*(vw_1) \neq f^*(uw_1)$

สมมติให้ $vw_1 \neq uw_1$ และ $f^*(vw_1) = f^*(uw_1)$

พิจารณา $f^*(vw_1) = f^*(uw_1)$ จะได้ว่า $1 = 2n$ ดังนั้น $n = \frac{1}{2}$ เกิดข้อขัดแย้ง เนื่องจาก $n \geq 1$

ดังนั้น $f^*(vw_1) \neq f^*(uw_1)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{vw_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{uw_1\}$

กรณี 2 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $vw_1 \neq uv$ แล้ว $f^*(vw_1) \neq f^*(uv)$

สมมติให้ $vw_1 \neq uv$ และ $f^*(vw_1) = f^*(uv)$

พิจารณา $f^*(vw_1) = f^*(uv)$ จะได้ว่า $1 = 2n + 1$ ดังนั้น $n = 0$ เกิดข้อขัดแย้ง เนื่องจาก $n \geq 1$

ดังนั้น $f^*(vw_1) \neq f^*(uv)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{vw_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{uv\}$

กรณี 3 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $vw_1 \neq w'w_1$ แล้ว $f^*(vw_1) \neq f^*(w'w_1)$

สมมติให้ $vw_1 \neq w'w_1$ และ $f^*(vw_1) = f^*(w'w_1)$

พิจารณา $f^*(vw_1) = f^*(w'w_1)$ จะได้ว่า $1 = 2n + 2$ ดังนั้น $n = -\frac{1}{2}$ เกิดข้อขัดแย้ง เนื่องจาก $n \geq 1$

ดังนั้น $f^*(vw_1) \neq f^*(w'w_1)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{vw_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{w'w_1\}$

กรณี 4 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $vw_1 \neq w'v$ แล้ว $f^*(vw_1) \neq f^*(w'v)$

สมมติให้ $vw_1 \neq w'v$ และ $f^*(vw_1) = f^*(w'v)$

พิจารณา $f^*(vw_1) = f^*(w'v)$ จะได้ว่า $1 = 2n + 3$ ดังนั้น $n = -1$ เกิดข้อขัดแย้ง

เนื่องจาก $n \geq 1$ ดังนั้น $f^*(vw_1) \neq f^*(w'v)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{vw_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{w'v\}$

กรณี 5 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $vw_1 \neq uw_i$ แล้ว $f^*(vw_1) \neq f^*(uw_i)$

สมมติให้ $vw_1 \neq uw_i$ และ $f^*(vw_1) = f^*(uw_i)$

พิจารณา $f^*(vw_1) = f^*(uw_i)$ เมื่อ $i = 2,3,4, \dots, n$ จะได้ว่า $1 = 2(n - i + 1)$ ดังนั้น $n = i - \frac{1}{2}$

แต่เนื่องจาก $i \leq n$ ทำให้ได้ว่า $n \leq n - \frac{1}{2}$ เกิดข้อขัดแย้ง ดังนั้น $f^*(vw_1) \neq f^*(uw_i)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{vw_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{uw_i | i = 2,3,4, \dots, n\}$

กรณี 6 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $vw_1 \neq vw_i$ แล้ว $f^*(vw_1) \neq f^*(vw_i)$

สมมติให้ $vw_1 \neq vw_i$ และ $f^*(vw_1) = f^*(vw_i)$

พิจารณา $f^*(vw_1) = f^*(vw_i)$ เมื่อ $i = 2,3,4, \dots, n$ จะได้ว่า $1 = 2i - 1$ ดังนั้น $i = 1$ เกิดข้อขัดแย้ง เนื่องจาก

$i = 2,3,4, \dots, n$ ดังนั้น $f^*(vw_1) \neq f^*(vw_i)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{vw_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{vw_i | i = 2,3,4, \dots, n\}$

กรณี 7 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $uw_1 \neq uv$ แล้ว $f^*(uw_1) \neq f^*(uv)$

สมมติให้ $uw_1 \neq uv$ และ $f^*(uw_1) = f^*(uv)$

พิจารณา $f^*(uw_1) = f^*(uv)$ จะได้ว่า $2n = 2n + 1$ ดังนั้น $0 = 1$ ทำให้เกิดข้อขัดแย้ง

ดังนั้น $f^*(uw_1) \neq f^*(uv)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{uw_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{uv\}$

กรณี 8 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $uw_1 \neq w'w_1$ แล้ว $f^*(uw_1) \neq f^*(w'w_1)$

สมมติให้ $uw_1 \neq w'w_1$ และ $f^*(uw_1) = f^*(w'w_1)$

พิจารณา $f^*(uw_1) = f^*(w'w_1)$ จะได้ว่า $2n = 2n + 2$ ดังนั้น $0 = 2$ ทำให้เกิดข้อขัดแย้ง

ดังนั้น $f^*(uw_1) \neq f^*(w'w_1)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{uw_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{w'w_1\}$

กรณี 9 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $uw_1 \neq w'v$ แล้ว $f^*(uw_1) \neq f^*(w'v)$

สมมติให้ $uw_1 \neq w'v$ และ $f^*(uw_1) = f^*(w'v)$

พิจารณา $f^*(uw_1) = f^*(w'v)$ จะได้ว่า $2n = 2n + 3$ ดังนั้น $0 = 3$ ทำให้เกิดข้อขัดแย้ง

ดังนั้น $f^*(uw_1) \neq f^*(w'v)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{uw_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{w'v\}$

กรณี 10 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $uw_1 \neq uw_i$ แล้ว $f^*(uw_1) \neq f^*(uw_i)$

สมมติให้ $uw_1 \neq uw_i$ และ $f^*(uw_1) = f^*(uw_i)$

พิจารณา $f^*(uw_1) = f^*(uw_i)$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ จะได้ว่า $2n = 2(n - i + 1)$ ดังนั้น $i = 1$ เกิดข้อขัดแย้ง

เนื่องจาก $i = 2, 3, 4, \dots, n$ ดังนั้น $f^*(uw_1) \neq f^*(uw_i)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{uw_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{uw_i | i = 2, 3, 4, \dots, n\}$

กรณี 11 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $uw_1 \neq vw_i$ แล้ว $f^*(uw_1) \neq f^*(vw_i)$

สมมติให้ $uw_1 \neq vw_i$ และ $f^*(uw_1) = f^*(vw_i)$

พิจารณา $f^*(uw_1) = f^*(vw_i)$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ จะได้ว่า $2n = 2i - 1$ ดังนั้น $n = i - \frac{1}{2}$ แต่เนื่องจาก $i \leq n$

ทำให้ได้ว่า $n \leq n - \frac{1}{2}$ เกิดข้อขัดแย้ง ดังนั้น $f^*(uw_1) \neq f^*(vw_i)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{uw_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{vw_i | i = 2, 3, 4, \dots, n\}$

กรณี 12 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $uv \neq w'w_1$ แล้ว $f^*(uv) \neq f^*(w'w_1)$

สมมติให้ $uv \neq w'w_1$ และ $f^*(uv) = f^*(w'w_1)$

พิจารณา $f^*(uv) = f^*(w'w_1)$ จะได้ว่า $2n + 1 = 2n + 2$ ดังนั้น $1 = 2$ ทำให้เกิดข้อขัดแย้ง

ดังนั้น $f^*(uv) \neq f^*(w'w_1)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{uv\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{w'w_1\}$

กรณี 13 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $uv \neq w'v$ แล้ว $f^*(uv) \neq f^*(w'v)$

สมมติให้ $uv \neq w'v$ และ $f^*(uv) = f^*(w'v)$

พิจารณา $f^*(uv) = f^*(w'v)$ จะได้ว่า $2n + 1 = 2n + 3$ ดังนั้น $1 = 3$ ทำให้เกิดข้อขัดแย้ง

ดังนั้น $f^*(uv) \neq f^*(w'v)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{uv\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{w'v\}$

กรณี 14 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $uv \neq uw_i$ แล้ว $f^*(uv) \neq f^*(uw_i)$

สมมติให้ $uv \neq uw_i$ และ $f^*(uv) = f^*(uw_i)$

พิจารณา $f^*(uv) = f^*(uw_i)$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ จะได้ว่า $2n + 1 = 2(n - i + 1)$

ดังนั้น $i = \frac{1}{2}$ เกิดข้อขัดแย้ง เนื่องจาก $i = 2, 3, 4, \dots, n$ ดังนั้น $f^*(uv) \neq f^*(uw_i)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{uv\}$

แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{uw_i | i = 2, 3, 4, \dots, n\}$

กรณี 15 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $uv \neq vw_i$ แล้ว $f^*(uv) \neq f^*(vw_i)$

สมมติให้ $uv \neq vw_i$ และ $f^*(uv) = f^*(vw_i)$

พิจารณา $f^*(uv) = f^*(vw_i)$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ จะได้ว่า $2n + 1 = 2i - 1$ ดังนั้น $n = i - 1$

แต่เนื่องจาก $i \leq n$ ทำให้ได้ว่า $n \leq n - 1$ เกิดข้อขัดแย้ง ดังนั้น $f^*(uv) \neq f^*(vw_i)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{uv\}$

แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{vw_i | i = 2, 3, 4, \dots, n\}$

กรณี 16 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $w'w_1 \neq w'v$ แล้ว $f^*(w'w_1) \neq f^*(w'v)$

สมมติให้ $w'w_1 \neq w'v$ และ $f^*(w'w_1) = f^*(w'v)$

พิจารณา $f^*(w'w_1) = f^*(w'v)$ จะได้ว่า $2n + 2 = 2n + 3$ ดังนั้น $2 = 3$ ทำให้เกิดข้อขัดแย้ง

ดังนั้น $f^*(w'w_1) \neq f^*(w'v)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{w'w_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{w'v\}$

กรณี 17 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $w'w_1 \neq uw_i$ แล้ว $f^*(w'w_1) \neq f^*(uw_i)$

สมมติให้ $w'w_1 \neq uw_i$ และ $f^*(w'w_1) = f^*(uw_i)$

พิจารณา $f^*(w'w_1) = f^*(uw_i)$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ จะได้ว่า $2n + 2 = 2(n - i + 1)$

ดังนั้น $-i = 0$ เกิดข้อขัดแย้ง เนื่องจาก $i = 2, 3, 4, \dots, n$ ดังนั้น $f^*(w'w_1) \neq f^*(uw_i)$

นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{w'w_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{uw_i | i = 2, 3, 4, \dots, n\}$

กรณี 18 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $w'w_1 \neq vw_i$ แล้ว $f^*(w'w_1) \neq f^*(vw_i)$

สมมติให้ $w'w_1 \neq vw_i$ และ $f^*(w'w_1) = f^*(vw_i)$

พิจารณา $f^*(w'w_1) = f^*(vw_i)$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ จะได้ว่า $2n + 2 = 2i - 1$ ดังนั้น $n = i - \frac{3}{2}$

แต่เนื่องจาก $i \leq n$ ทำให้ได้ว่า $n \leq n - \frac{3}{2}$ เกิดข้อขัดแย้ง ดังนั้น $f^*(w'w_1) \neq f^*(vw_i)$

นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{w'w_1\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{vw_i | i = 2, 3, 4, \dots, n\}$

กรณี 19 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $w'v \neq uw_i$ แล้ว $f^*(w'v) \neq f^*(uw_i)$

สมมติให้ $w'v \neq uw_i$ และ $f^*(w'v) = f^*(uw_i)$

พิจารณา $f^*(w'v) = f^*(uw_i)$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ จะได้ว่า $2n + 3 = 2(n - i + 1)$

ดังนั้น $i = -\frac{1}{2}$ เกิดข้อขัดแย้ง เนื่องจาก $i = 2, 3, 4, \dots, n$ ดังนั้น $f^*(w'v) \neq f^*(uw_i)$

นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{w'v\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{uw_i | i = 2, 3, 4, \dots, n\}$

กรณี 20 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $w'v \neq vw_i$ แล้ว $f^*(w'v) \neq f^*(vw_i)$

สมมติให้ $w'v \neq vw_i$ และ $f^*(w'v) = f^*(vw_i)$

พิจารณา $f^*(w'v) = f^*(vw_i)$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ จะได้ว่า $2n + 3 = 2i - 1$ ดังนั้น $n = i - 2$

แต่เนื่องจาก $i \leq n$ ทำให้ได้ว่า $n \leq n - 2$ เกิดข้อขัดแย้ง ดังนั้น $f^*(w'v) \neq f^*(vw_i)$

นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{w'v\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{vw_i | i = 2, 3, 4, \dots, n\}$

กรณี 21 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $uw_i \neq vw_i$ แล้ว $f^*(uw_i) \neq f^*(vw_i)$

สมมติให้ $uw_i \neq vw_i$ และ $f^*(uw_i) = f^*(vw_i)$

พิจารณา $f^*(uw_i) = f^*(vw_i)$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ จะได้ว่า $2(n - i + 1) = 2i - 1$

ดังนั้น $n = 2i - \frac{3}{2}$ แต่เนื่องจาก $i \leq n$ ทำให้ได้ว่า $n \leq 2n - \frac{3}{2}$ เกิดข้อขัดแย้ง

ดังนั้น $f^*(uw_i) \neq f^*(vw_i)$ นั่นคือการกำกับ f^* บน $\{uw_i | i = 2, 3, 4, \dots, n\}$ แตกต่างกับการกำกับ f^* บน $\{vw_i | i = 2, 3, 4, \dots, n\}$

กรณี 22 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $f^*(uw_i) = f^*(uw_j)$ แล้ว $uw_i = uw_j$

สมมติให้ $f^*(uw_i) = f^*(uw_j)$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ และ $j = 2, 3, 4, \dots, n$

จะได้ว่า $2(n - i + 1) = 2(n - j + 1)$ ดังนั้น $i = j$ นั่นคือ $uw_i = uw_j$

กรณี 23 จะพิสูจน์ว่า ถ้า $f^*(vw_i) = f^*(vw_j)$ แล้ว $vw_i = vw_j$

สมมติให้ $f^*(vw_i) = f^*(vw_j)$ เมื่อ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ และ $j = 2, 3, 4, \dots, n$

จะได้ว่า $2i - 1 = 2j - 1$ ดังนั้น $i = j$ นั่นคือ $vw_i = vw_j$ ดังนั้น จะได้ว่า f^* เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง

เนื่องจากกราฟ G มีจำนวนเส้นเชื่อม $2n + 3$ เส้น และจำนวนเต็มบวกที่กำกับให้เส้นเชื่อมมี $2n + 3$ จำนวน และจาก f^* เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง ดังนั้นจะได้ว่า f^* เป็นฟังก์ชันทั่วถึง นั่นคือการกำกับ f^* เป็นการกำกับเกรชฟูลของ กราฟ G ทำให้ได้ว่า กราฟ G เป็นกราฟเกรชฟูล

ทฤษฎีบทถัดไปจะแสดงว่ากราฟใหม่ที่สร้างจากการทำซ้ำจุดยอด w_1 จำนวนหนึ่งจุดบนกราฟบนกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,n}$ ด้วยจุดยอดใหม่ w' เป็นกราฟเกรชฟูล

ทฤษฎีบท 2 กำหนดให้กราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,n}$ เมื่อ $n \geq 1$ มีเซตแบ่งส่วน คือ $M = \{u\}$ $R = \{v\}$ และ $N = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_n\}$ ถ้ากราฟ G_1 เป็นกราฟที่สร้างจากการทำซ้ำจุดยอด w_1 จำนวนหนึ่งจุดบนกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,n}$ ด้วยจุดยอดใหม่ w' แล้วกราฟ G_1 เป็นกราฟเกรชฟูล

บทพิสูจน์ กำหนดให้ $K_{1,1,n}$ เป็นกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ โดยมีเซตแบ่งส่วน คือ $M = \{u\}$ $R = \{v\}$ และ $N = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_n\}$ ให้กราฟ G_1 เป็นกราฟที่สร้างจากการทำซ้ำจุดยอด w_1 จำนวนหนึ่งจุดบนกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ $K_{1,1,n}$ ด้วยจุดยอดใหม่ w' พิจารณากราฟ G_1 จะได้ว่า จำนวนจุดยอดบนกราฟ G_1 คือ $|V(G_1)| = n + 3$ และจำนวนเส้นเชื่อมบนกราฟ G_1 คือ $|E(G_1)| = 2n + 3$

กำหนดการกำกับ $f: V(G_1) \rightarrow \{0, 1, 2, \dots, 2n + 3\}$ ดังนี้

$$f(w_1) = 0 \quad f(w') = 1 \quad f(v) = n + 1 \quad f(u) = 2n + 3 \quad \text{และ} \quad f(w_i) = i \quad \text{เมื่อ} \quad i = 2, 3, 4, \dots, n$$

จากการกำหนดการกำกับ f จะได้การกำกับ $f^*: E(G_1) \rightarrow \{1, 2, 3, \dots, 2n + 3\}$ ดังนี้

$$f^*(vw') = n \quad f^*(vw_1) = n + 1 \quad f^*(uv) = n + 2 \quad f^*(uw') = 2n + 2 \quad f^*(uw_1) = 2n + 3$$

สำหรับ $i = 2, 3, 4, \dots, n$ จะได้ว่า $f^*(uw_i) = 2n + 3 - i$ และ $f^*(vw_i) = n + 1 - i$

สามารถแสดงว่าได้การกำกับ f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง และการกำกับ f^* เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งทั่วถึง ในทำนองเดียวกันกับทฤษฎีบทที่ 1 ทำให้ได้ว่า f เป็นการกำกับเกรชฟูลของกราฟ G_1

สรุปผลการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ได้สร้างกราฟใหม่ซึ่งสร้างจากการทำซ้ำเส้นเชื่อมบนกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ และการทำซ้ำจุดยอดบนกราฟ 3-ส่วนบริบูรณ์ พร้อมทั้งหาการกำกับเกรซฟูลในรูปแบบทั่วไปของกราฟใหม่ ซึ่งพบว่าการกำกับเกรซฟูลในรูปแบบทั่วไปของกราฟใหม่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- ศิวพร แซ่วัน, ธนาภา ขาวมัน, วราภรณ์ แดงนภาพรกุล และสุมิตา แก้วทอง. (2563). การกำกับแบบเกรซฟูลในบริบทการซ้ำองค์ประกอบบนกราฟ. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 23(1), 11-19.
- Boxwala, S. A., and Vashishta. P. (2015) Some new families of Graceful Graphs. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 48 (2015), 127–133.
- Golomb, S. W. (1972). How to number a graph. In R. C. Read (Ed.). *Graph Theory and Computing*, 23-37. New York, U. S. A. Academic Press.
- Kaneria, V. J., and Chudasama, H. P. (2017). Graceful Labeling in the Context of Duplication of Some Graph Elements in $K_{m,n}$. *International Journal of Mathematics and its Applications*, 5(3), 53-55.
- Koh, K. M., Phoon, L. Y., & Soh, K. W. (2015). The Gracefulness of The Join of Graphs (II). *AKCE International Journal of Graphs and Combinatorics*, 12(2-3), 180-185.
- Rosa, A. (1967). On Certain Valuations of The Vertices of a Graph. (In *Theory of Graphs*, International Symposium, Rome, July, 1966), New York: Gordon and Breach.
- Seoud, M. A., & Youssef, M. Z. (1997). On labelling complete tripartite graphs. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 28(3), 36-371.

การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบของเทคนิคการคาดคะเนข้อมูลสูญหายพื้นฐานที่มีมาตรวัดต่างกัน

เวธนี พันธุเณร¹, ณัฐรนนท์ หงส์วิริทธิ์ธร²

บทคัดย่อ

ข้อมูลสูญหายเป็นปัญหาที่พบบ่อยในงานวิจัยหลายแขนง การมีข้อมูลสูญหายส่งผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นอย่างมาก เนื่องจากผลลัพธ์ของการวิเคราะห์จะขึ้นอยู่กับข้อมูลตัวอย่างที่นำมาใช้ หากข้อมูลไม่สมบูรณ์ก็ส่งผลให้การวิเคราะห์ผิดพลาดได้ ในปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากไม่น้อยที่พยายามคิดค้นวิธีการคาดคะเนข้อมูลสูญหายยกตัวอย่างเช่นการนำเทคนิคทางสถิติเช่นการหาค่ากลาง มัชยฐาน หรือฐานนิยมมาช่วย นอกจากการใช้ค่าทางสถิติแล้วยังมีงานวิจัยที่นำวิธีการทำเหมืองข้อมูลมาใช้คาดคะเนข้อมูลสูญหายและเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับวิธีอื่นๆ ปัจจุบันการคาดคะเนข้อมูลสูญหายยังคงมีความน่าสนใจอีกประเด็นคือ เมื่อชนิดของข้อมูล (Data Type) ที่สูญหายนั้นมีความแตกต่างกันหากใช้การคาดคะเนข้อมูลสูญหายตามความเหมาะสมของชนิดของข้อมูลแล้ว ประสิทธิภาพที่ได้จะแตกต่างกันกับการคาดคะเนข้อมูลสูญหายแบบไม่สนใจชนิดของข้อมูลหรือไม่ งานวิจัยนี้จึงเปรียบเทียบเทคนิคการคาดคะเนข้อมูลสูญหายโดยใช้ชุดข้อมูลตัวอย่างซึ่งสุภาพเบาหวาน และแบ่งการทดลองดังนี้คือ ใช้การคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วย ฐานนิยม มัชยฐาน-ฐานนิยม และเคเนียร์เรสเนเบอร์ ทดสอบกับข้อมูลขนาดใหญ่ (249,049 ตัวอย่าง) และขนาดเล็ก (5,000 ตัวอย่าง) โดยกำหนดอัตราการสูญหายที่ 10-50 เปอร์เซ็นต์ วัดผลโดยใช้ความถูกต้องที่ได้จากโมเดลการจำแนกผู้ที่มีภาวะเบาหวาน พบว่าโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วย ฐานนิยม มัชยฐาน-ฐานนิยม และเคเนียร์เรสเนเบอร์ให้ความถูกต้องเฉลี่ยใกล้เคียงกับโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหาย และการใช้เทคนิคคาดคะเนข้อมูลสูญหายตามประเภทข้อมูลโดยใช้ฐานนิยมกับข้อมูลชนิดหมวดหมู่และใช้มัชยฐานกับข้อมูลชนิดตัวเลขไม่ได้ช่วยปรับปรุงความถูกต้องให้ดีขึ้นในข้อมูลขนาดใหญ่ ส่วนในข้อมูลขนาดเล็กพบว่าวิธีการนี้สามารถปรับปรุงความถูกต้องให้ดีขึ้นเพียงเล็กน้อย

คำสำคัญ: ข้อมูลสูญหาย, การคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยฐานนิยม, การคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยเคเนียร์เรสเนเบอร์, โมเดลการจำแนกผู้ที่มีภาวะเบาหวาน

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท, หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12121

²รศ.ดร., คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12121

¹ Graduate Student, Master of Science, Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Thammasat University 12121

² Assoc. Prof. Dr., Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Thammasat University 12121

A Comparative Result Analysis of Basic Imputation Techniques on Different Scales

Vethanee Phuntunane¹, Nuttanont Hongwarittorn²

Abstract

Missing data is a common problem in many fields of research. The presence of missing data greatly affects data analysis as the results of the analysis depend on the sampled data used. If the data is incomplete, it can result in incorrect analysis. At present, there are many researches that are trying to innovate a method for predicting missing data, for example, using statistical techniques such as mean, median, or mode. In addition to using statistical values, there are studies that use data mining methods to predict missing data and compare their performance with other methods. At present, the prediction of missing data is still interesting. Another issue is When the lost data type is different, if the data loss prediction is used appropriately for the type of data, then Will performance be different from predicting missing data regardless of type of data? This research therefore compares basic imputation techniques using the Diabetes Health Indicators data set. and divided the experiments as follows: using the prediction of missing data with mode, median-mode and K-Nearest Neighbor. Tests were performed on large (249,049 samples) and small (5,000 samples) dataset with a loss rate of 10-50 percent. Results were measured using the accuracy obtained from the diabetic classification model. It was found that model which imputed by mode, median-mode and K-Nearest Neighbor gave similar average accuracy to the no imputed model. And the use of imputation techniques based on the mode on categorical data and on the median on numeric data did not improve accuracy in large data. In smaller data it was found that this method could only slightly improve accuracy.

Keyword: Missing Data, Mode Imputation, K-Nearest Neighbor Imputation, Diabetes Classification

บทนำ

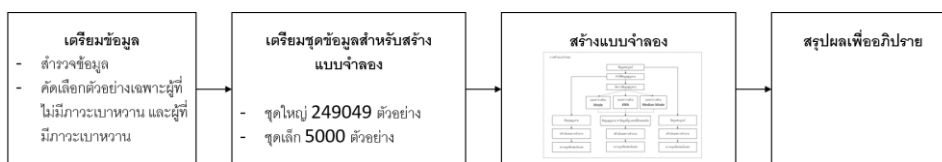
ปัจจุบันข้อมูลมีความสำคัญในการขับเคลื่อนองค์กร กล่าวคือองค์กรใดที่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้ก็สามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลเพื่อหาข้อมูลเชิงลึกเพื่อนำมาช่วยในการตัดสินใจในเรื่องสำคัญหรือนำมาช่วยปรับปรุงบริการให้ดีขึ้นได้ ข้อมูลจึงมีมูลค่ามหาศาล ซึ่งข้อมูลที่มีมูลค่าจำเป็นต้องมีคุณภาพ มีความน่าเชื่อถือและสามารถนำมาช่วยในการตัดสินใจได้ การจัดการในเรื่องคุณภาพของข้อมูลถูกกล่าวถึงมากในด้านของวิศวกรข้อมูล (Data Engineer) และการดูแลฐานข้อมูล รวมไปถึงในด้านของการเรียนรู้เครื่องจักร (Machine Learning) หนึ่งในปัญหาที่พบบ่อยในเรื่องของคุณภาพข้อมูลคือ ข้อมูลสูญหาย (Missing Data)

ข้อมูลสูญหายสามารถพบเจอได้บ่อยในหลากหลายโดเมนไม่ว่าจะเป็น ข้อมูลทางชีววิทยา ข้อมูลทางการแพทย์ หรือ ข้อมูลภูมิอากาศ เป็นต้น ทั้งนี้เกิดขึ้นได้จากหลากหลายสาเหตุไม่ว่าจะเป็น การจัดการข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง เกิดข้อผิดพลาดที่มาตรวัดหรือเซนเซอร์ หรือแม้กระทั่งการลบข้อมูลออกไปเองก็ตาม การมีข้อมูลสูญหายส่งผลกระทบต่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเป็นอย่างมากเนื่องจากผลลัพธ์ของการวิเคราะห์จะขึ้นอยู่กับข้อมูลตัวอย่างที่นำมาใช้ หากข้อมูลไม่สมบูรณ์ก็ส่งผลให้การวิเคราะห์ผิดพลาดได้ Little & Rubin (Qinbao Song, 2007) ได้แบ่งกลไกการหายไปของข้อมูล (missingness mechanisms) ไว้สามประเภทคือ Missing completely at random (MCAR), Missing at random (MAR) และ Missing not at random (MNAR) อธิบายได้ดังนี้ Missing completely at random (MCAR) หมายถึง เมื่อความน่าจะเป็นของข้อมูลสูญหายไม่ได้ขึ้นอยู่กับตัวแปรใดๆในชุดข้อมูลเดียวกันหรือนิยามอย่างง่ายได้ว่าข้อมูลหายไปแบบสุ่ม Missing at random (MAR) หมายถึง เมื่อความน่าจะเป็นของข้อมูลสูญหายอาจขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่นในชุดข้อมูลเดียวกันซึ่งการสูญหายแบบ MAR เราสามารถที่จะกู้คืนได้จากการดูความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสูญหายกับตัวแปรอื่นๆในชุดข้อมูล Missing not at random (MNAR) เป็นลักษณะของข้อมูลสูญหายซึ่งไม่ได้เกิดขึ้นอย่างสุ่ม โดยค่าของข้อมูลสูญหายขึ้นอยู่กับค่าของข้อมูลสมบูรณ์ในตัวแปรเดียวกัน ข้อมูลสูญหายอาจไม่ขึ้นอยู่กับตัวแปรใดๆ ซึ่งการหายในลักษณะนี้ส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรงในการวิเคราะห์ข้อมูลเนื่องจากไม่สามารถกู้คืนได้

ปัจจุบันมีการนำเสนอวิธีในการจัดการกับข้อมูลสูญหายหลากหลายรูปแบบเช่น การใช้ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน หรือการใช้ฐานนิยมมาคาดคะเนข้อมูลสูญหาย เป็นต้น นอกจากการใช้สถิติเข้ามาช่วยแล้ว ยังมีการนำเทคนิคที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นเช่นการเรียนรู้ของเครื่องจักรเข้ามาช่วย ยกตัวอย่างเช่น K-Nearest Neighbor, Singular Value Decomposition, Fuzzy K-Mean, Random Forest เป็นต้น นอกจากนี้แล้วยังมีการคิดค้นวิธีการคาดคะเนข้อมูลสูญหายขึ้นใหม่ยกตัวอย่างเช่นงานวิจัยของ Jiayin Yu, Yulin He and Joshua (2021) ได้นำเสนอวิธีการคาดคะเนข้อมูลสูญหายโดยเรียกวิธีนี้ว่า Two-State Missing Value Imputation (TS-MVI) โดยมุ่งเน้นที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการข้อมูลสูญหายของโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) โดยผู้วิจัยใช้หลักการของ Autoencoder ให้เรียนรู้ความสัมพันธ์ของข้อมูลจนกระทั่งค่าความผิดพลาด (error) มีค่าน้อยพอที่โมเดลจะสามารถคาดคะเนข้อมูลสูญหายได้ นอกจากการคิดค้นวิธีการคาดคะเนข้อมูลสูญหายแบบใหม่ๆแล้วยังมีงานวิจัยอื่นอีกมากมายที่สนใจในเรื่องการเปรียบเทียบคุณภาพและวัดประสิทธิภาพของการคาดคะเนข้อมูลสูญหาย เช่น Gang Chang and Tongmin Ge (2011) ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคาดคะเนข้อมูลสูญหาย 10 เทคนิคกับข้อมูลจรรยาบรรณว่า Bayesian Principal Component Analysis (BPCA) ประสิทธิภาพดีที่สุด

Schmitt, P., El, J., & Guedj, M. (2015) ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคาดคะเนข้อมูลสูญหายเช่นเดียวกันกับ Gang Chang และ Tongmin Ge โดยเลือก 6 เทคนิคมาเปรียบเทียบกัน ได้แก่ Mean, K-Nearest Neighbor (KNN), Fuzzy K-Mean, Singular Value Decomposition (SVD), Bayesian Principal Component Analysis (BPCA) และ Multivariate Imputation by Chained Equations (MICE) ใช้ข้อมูลสี่ชุดที่มีชนิดที่เป็นทั้งหมวดหมู่และตัวเลข โดยการทดลอง ผู้วิจัยสร้างข้อมูลที่มีความสูญหายตั้งแต่ 5% ไปจนถึง 45% โดยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การหายไปของข้อมูลที่ละ 10% จากการทดลองผู้วิจัยวัดผลด้วย 4 ด้านดังนี้คือ Root Mean Square Error (RMSE), Unsupervised Classification Error (UCE), Supervised Classification Error (SCE) และเวลา ผลการทดลองพบว่า Bayesian Principal Component Analysis (BPCA) มีประสิทธิภาพดีที่สุดในทุกด้าน ในด้านการคาดคะเนข้อมูลสูญหายถึงจุดนี้ยังคงมีความน่าสนใจอีกประเด็นคือ เมื่อชนิดของข้อมูล (Data Type) ที่สูญหายนั้นมีความแตกต่างกันหากใช้การคาดคะเนข้อมูลสูญหายตามความเหมาะสมของชนิดของข้อมูลแล้ว ประสิทธิภาพที่ได้จะแตกต่างกันกับการคาดคะเนข้อมูลสูญหายแบบไม่สนใจชนิดของข้อมูลหรือไม่ งานวิจัยนี้จึงต้องการเปรียบเทียบเทคนิคการคาดคะเนข้อมูลสูญหายโดยใช้ชุดข้อมูลตัวบ่งชี้สุขภาพเบาหวาน โดยใช้การคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วย ฐานนิยม มัธยฐาน-ฐานนิยม และเคเนียร์เรสเนเบอร์ ทดสอบกับข้อมูลขนาดใหญ่ (249,049 ตัวอย่าง) และขนาดเล็ก (5,000 ตัวอย่าง) โดยกำหนดอัตราการสูญหายที่ 10% - 50% วัดผลโดยใช้ความถูกต้องที่ได้จากโมเดลการจำแนกผู้ที่มีภาวะเบาหวาน

วิธีการวิจัย



รูปที่ 1 ภาพรวมของขั้นตอนการทำงานวิจัย

เตรียมข้อมูล

นำข้อมูลจากเว็บไซต์ kaggle.com ชื่อชุดข้อมูลตัวบ่งชี้สุขภาพเบาหวาน (Diabetes Health Indicators Dataset) เป็นข้อมูลที่รวบรวมผลการสำรวจภาวะเบาหวานของประชากรในประเทศอเมริกาจำนวน 253,680 ตัวอย่าง ในข้อมูลประกอบไปด้วยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการมีภาวะเบาหวาน จากการสำรวจข้อมูลพบว่าการแบ่งตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มผู้ที่ไม่มีความเสี่ยงเบาหวาน กลุ่มผู้ที่มีความเสี่ยงเบาหวาน และกลุ่มผู้ที่มีความเสี่ยงเบาหวาน โดยในข้อมูลประกอบไปด้วย 21 ปัจจัยสามารถแจกแจงได้ตามตารางที่ 1

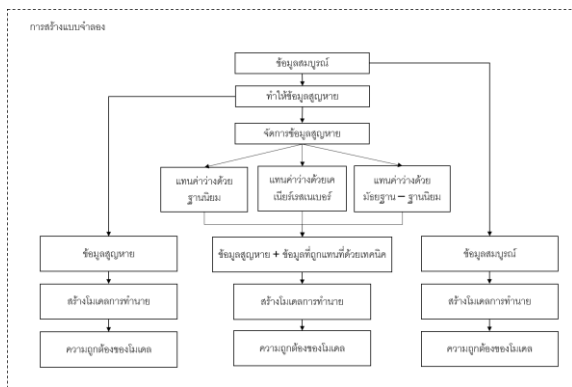
ปัจจัย	ชนิดของข้อมูล	ค่าของข้อมูล
Income, Education, PhysActivity, Veggies, HvyAlcoholConsump, Fruits, AnyHealthcare, Sex, NoDocbcCost, Smoker, CholCheck, HeartDiseaseorAttack, Age, HighChol, DiffWalk, HighBP, GenHlth, Stroke	หมวดหมู่	Income = 1-8, Education = 1-6, Age = 1-13, GenHlth = 1-5, Others = 0 or 1
MentHlth, PhysHlth, BMI	ตัวเลข	MentHlth, PhysHlth = 0-30 (วัน) BMI = 12-98

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่สามารถนำมาบ่งชี้ถึงภาวะเบาหวาน

เตรียมชุดข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลอง

จากการสำรวจข้อมูลเมื่อแบ่งตามกลุ่มพบว่า มีประชากรในแต่ละกลุ่มไม่เท่ากันโดยกลุ่มผู้ที่ไม่มีความพิการมี 213,703 ตัวอย่าง, กลุ่มผู้ที่มีความพิการก่อนมีความพิการมี 4,631 ตัวอย่างและกลุ่มผู้ที่มีความพิการภายหลังมีความพิการมี 35,346 ตัวอย่าง ผู้วิจัยต้องการสร้างโมเดลที่ใช้จำแนกผู้ที่มีความพิการและไม่มีความพิการ ดังนั้นจึงตัดกลุ่มตัวอย่างที่มีความพิการก่อนมีความพิการออกไป ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองจะมีทั้งหมด 249,049 คน แบ่งเป็นกลุ่มผู้ที่ไม่มีความพิการจำนวน 83.5% และกลุ่มผู้ที่มีความพิการจำนวน 16.5% ผู้วิจัยต้องการทดลองในแง่ของจำนวนข้อมูลที่นำมาใช้สร้างโมเดลการจำแนกด้วยว่าจะมีความต่างกันอย่างไร ผู้วิจัยจึงเตรียมข้อมูลในการวิจัยนี้ทั้งหมด 2 ชุดด้วยกันคือชุดที่ 1 มีข้อมูลทั้งหมด 249,049 ตัวอย่างและชุดที่ 2 มีข้อมูล 5,000 ตัวอย่างโดยใช้สัดส่วนประชากรแบบเดียวกันกับชุดที่ 1

สร้างแบบจำลอง

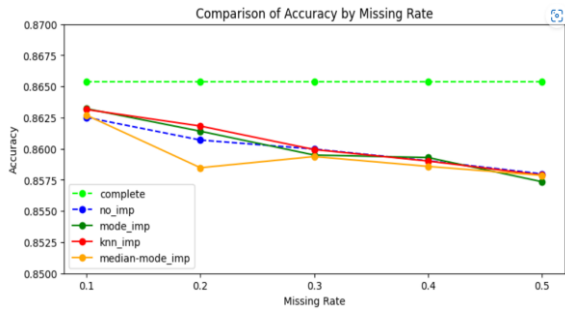


รูปที่ 2 กระบวนการสร้างแบบจำลอง

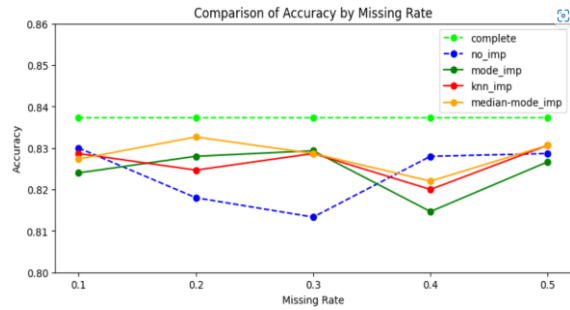
กระบวนการการทดลองมีขั้นตอนตามรูปที่ 2 เริ่มจากนำข้อมูลสมบูรณ์มาทำให้สูญหายด้วยการสุ่มแบบ Missing Completely at Random โดยใช้ “NaN” แทนความหมายถึงค่าสูญหาย เพื่อจำลองสถานการณ์ข้อมูลสูญหาย โดยผู้วิจัยจะทำให้ข้อมูลหาย 5 ระดับตามนี้คือ 10%, 20%, 30%, 40% และ 50% จากขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยจะมีข้อมูลสองแบบคือข้อมูลที่สมบูรณ์และข้อมูลที่มีความสูญหาย จากนั้นจึงนำชุดข้อมูลที่มีความสูญหายมา คัดคะแนนข้อมูลสูญหาย (Imputation)

ด้วยการใช้เทคนิคสถิติได้แก่ ฐานนิยม มัธยฐาน-ฐานนิยม และเคเนียร์เรสเนเบอร์ ถึงตรงนี้ผู้วิจัยจะมีข้อมูลทั้งหมด 5 รูปแบบด้วยกันได้แก่ 1. ข้อมูลที่สมบูรณ์ 2. ข้อมูลที่มีความสูญหาย 3. ข้อมูลที่มีความสูญหายที่ถูกคัดคะแนนข้อมูลสูญหายด้วยฐานนิยม 4. ข้อมูลที่มีความสูญหายที่ถูกคัดคะแนนข้อมูลสูญหายด้วยมัธยฐาน - ฐานนิยม และ 5. ข้อมูลที่มีความสูญหายที่ถูกคัดคะแนนข้อมูลสูญหายด้วยเคเนียร์เรสเนเบอร์ โดยข้อมูลแบบที่ 4 เป็นการใช้มัธยฐานคัดคะแนนข้อมูลสูญหายในชนิดข้อมูลที่เป็นตัวเลข (Number) และใช้ฐานนิยมคัดคะแนนข้อมูลสูญหายที่เป็นชนิดหมวดหมู่ (Category) จากนั้นผู้วิจัยจะนำข้อมูลแต่ละชุดไปสร้างโมเดลการจำแนกโดยเลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) โดยแบ่งชุดฝึกฝนและชุดทดสอบในอัตราส่วน 70:30 ผลจากขั้นตอนนี้จะได้ความถูกต้องของโมเดล (accuracy) เพื่อนำมาสรุปผลในลำดับถัดไป

ผลการวิจัย (Results)



รูปที่ 3 กราฟเปรียบเทียบความถูกต้องที่สร้างจากข้อมูลจำนวน 249,049 ตัวอย่าง ของโมเดล 5 แบบแบ่งตามอัตราการสูญหาย



รูปที่ 4 กราฟเปรียบเทียบความถูกต้องที่สร้างจากข้อมูลจำนวน 5,000 ตัวอย่าง ของโมเดล 5 แบบแบ่งตามอัตราการสูญหาย

ความถูกต้องของโมเดลที่ใช้ข้อมูลสมบูรณ์ (%)				86.54
อัตราการสูญหาย (%)	ผลความถูกต้องของโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วย (%)			
	ไม่มี (No)	ฐานนิยม (Mode)	เคเนียร์เรสเนเบอร์ (KNN)	มัธยฐาน-ฐานนิยม (Median-Mode)
10	86.25	86.32	86.31	86.27
20	86.07	86.14	86.18	85.85
30	86	85.95	85.99	85.94
40	85.9	85.93	85.9	85.86
50	85.8	85.74	85.79	85.79
ค่าเฉลี่ย	86.004	86.016	86.034	85.942

ตารางที่ 2 ผลความถูกต้องของแต่ละโมเดลที่สร้างจากข้อมูล 249,049 ตัวอย่าง

ความถูกต้องของโมเดลที่ใช้ข้อมูลสมบูรณ์ (%)				83.73
อัตราการสูญหาย (%)	ผลความถูกต้องของโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วย (%)			
	ไม่มี (No)	ฐานนิยม (Mode)	เคเนียร์เรสเนเบอร์ (KNN)	มัธยฐาน-ฐานนิยม (Median-Mode)
10	83	82.4	82.87	82.73
20	81.8	82.8	82.47	83.27
30	81.33	82.93	82.87	82.87
40	82.8	81.47	82	82.2
50	82.87	82.67	83.07	83.07
ค่าเฉลี่ย	82.36	82.454	82.656	82.828

ตารางที่ 3 ผลความถูกต้องของแต่ละโมเดลที่สร้างจากข้อมูล 5,000 ตัวอย่าง

โมเดลที่ใช้ข้อมูลสมบูรณ์ (Complete Data) เทียบกับ โมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหาย (No Imputation)

จากการทดลองทำให้ข้อมูลสูญหายด้วยวิธีการแบบสุ่ม (MCAR) โดยทำให้ข้อมูลสูญหายตั้งแต่ 10% ไปจนถึง 50% ในข้อมูลชุดแรก (249,049 ตัวอย่าง) พบว่าความถูกต้องที่ได้จากโมเดลที่ใช้ข้อมูลสมบูรณ์มีความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ 86.54% ส่วนโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหายมีความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ 86% คิดเป็นความต่างเฉลี่ยอยู่ที่ 0.54% จากผลการทดลองทำให้เห็นว่าประสิทธิภาพของโมเดลที่สร้างจากการใช้ข้อมูลสมบูรณ์ให้ความถูกต้องสูงที่สุดกว่าโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหายเพียง 0.74% (ที่อัตราการสูญหาย 50%) ในส่วนของโมเดลที่สร้างจากข้อมูลชุดที่สอง (5,000 ตัวอย่าง) พบว่าความถูกต้องที่ได้จากโมเดลที่ใช้ข้อมูลสมบูรณ์มีความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ 83.73% ซึ่งน้อยกว่าโมเดลที่ได้จากข้อมูลชุดแรกประมาณ 2.81% ส่วนโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหายมีความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ 82.36% ซึ่งน้อยกว่าโมเดลจากข้อมูลชุดแรกประมาณ 3.64% โมเดลที่ใช้ข้อมูลสมบูรณ์และโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหายที่สร้างจากข้อมูลชุดที่ 2 มีความต่างเฉลี่ยอยู่ที่ 1.37% ซึ่งมากกว่าข้อมูลชุดแรกประมาณ 2.5 เท่า

โมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหาย (No Imputation) เทียบกับ โมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยวิธีฐานนิยม (Mode Imputation) มัธยฐาน-ฐานนิยม (Median-Mode Imputation) และเคเนียร์เรสเนเบอร์ (KNN imputation)

เมื่อนำความถูกต้องของโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหายเทียบกับโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยวิธีฐานนิยม (Mode) มัธยฐาน-ฐานนิยม (Median-Mode) และเคเนียร์เรสเนเบอร์ (KNN) ของข้อมูลชุดที่ 1 พบว่าความถูกต้องมีแนวโน้มลดลง

เมื่อความสูญหายมากขึ้น ค่าเฉลี่ยของโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายทั้งสามเทคนิคมีความใกล้เคียงกับโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหาย เฉลี่ยห่างกันไม่ถึง $\pm 0.1\%$ จากรูปที่ 3 จะพบว่าที่อัตราการสูญหาย 10% และ 20% การใช้การคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยฐานนิยมและเคเนียร์เรสเนเบอร์ให้ความถูกต้องเพิ่มขึ้นเล็กน้อยประมาณ 0.01-0.03% และเมื่ออัตราการสูญหายอยู่ที่ 30% ขึ้นไป การใช้การคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยสามวิธีที่กล่าวไว้ข้างต้นไม่ได้ช่วยให้ความถูกต้องสูงขึ้นกว่าโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหาย ส่วนโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยมัธยฐาน-ฐานนิยมโดยใช้มัธยฐานคาดคะเนข้อมูลสูญหายในข้อมูลชนิดตัวเลข (Number) และใช้ฐานนิยมคาดคะเนข้อมูลสูญหายในข้อมูลชนิดหมวดหมู่ (Category) พบว่าไม่ได้ทำให้ความถูกต้องมากขึ้นอีกทั้งยังให้ความถูกต้องน้อยกว่าโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหายในทุกอัตราการสูญหาย ส่วนในข้อมูลชุดที่ 2 ที่อัตราการสูญหาย 10% โมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายทั้งสามวิธีได้แก่ ฐานนิยม มัธยฐาน-ฐานนิยม และเคเนียร์เรสเนเบอร์ ไม่ได้ช่วยให้ความถูกต้องสูงขึ้นกว่าโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหาย แต่เมื่ออัตราการสูญหายอยู่ที่ 20% และ 30% กลับให้ความถูกต้องสูงกว่าโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหายประมาณ 1-1.5% และเมื่ออัตราการสูญหายอยู่ที่ 40% ความถูกต้องดรอปลงและเมื่ออัตราการสูญหายอยู่ที่ 50% กลับพบว่าความถูกต้องของโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายทั้งสามวิธีสูงขึ้นและให้ความถูกต้องสูงกว่าอัตราการสูญหาย 10% เล็กน้อย (เฉลี่ยสูงกว่า 0.2-0.34%) เมื่อดูจากค่าเฉลี่ยของการประมวลผลทั้งห้าอัตราการสูญหายของข้อมูลชุดที่ 2 ในตารางที่ 3 พบว่ามีความใกล้เคียงกันและมากกว่าโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหายประมาณ 0.1-0.5% เมื่อนำค่าเฉลี่ยมาจัดอันดับจะสามารถแสดงได้ตามตารางที่ 4 ดังนี้ พบว่าในข้อมูลชุดที่ 1 โมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยเคเนียร์เรสเนเบอร์และฐานนิยม

ลำดับ	ข้อมูลชุดที่ 1 (249,049 ตัวอย่าง)	ข้อมูลชุดที่ 2 (5,000 ตัวอย่าง)
1	KNN	Median-Mode
2	Mode	KNN
3	No Impute	Mode
4	Median-Mode	No Impute

ตารางที่ 4 ตารางจัดลำดับโดยใช้ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง ของข้อมูลชุดที่ 1 และข้อมูลชุดที่ 2 โดย No Impute หมายถึงโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหาย Mode หมายถึงโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยฐานนิยม Median-Mode หมายถึงโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยมัธยฐาน-ฐานนิยม และ KNN หมายถึงโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยเคเนียร์เรสเนเบอร์

ให้ค่าเฉลี่ยสูงกว่าโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหาย โมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยมัธยฐาน-ฐานนิยมให้ค่าเฉลี่ยต่ำกว่าโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหาย และข้อมูลชุดที่ 2 พบว่าโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยสามวิธีให้ค่าเฉลี่ยสูงกว่าโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหายโดยโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยมัธยฐาน-ฐานนิยมกลับให้ค่าเฉลี่ยสูงที่สุดจากการจัดอันดับพบว่าโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยเคเนียร์เรสเนเบอร์ให้ความถูกต้องเฉลี่ยสูงกว่าโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยฐานนิยมของทั้งสองชุดข้อมูล

ในด้านของเวลาการประมวลผลพบว่าเมื่อข้อมูลเยอะขึ้นจะใช้เวลาประมวลผลมากขึ้นตาม จากการทดลองโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยเคเนียร์เรสเนเบอร์ใช้เวลาในการคาดคะเนข้อมูลสูญหายมากที่สุดทั้งในข้อมูลขนาดเล็กและข้อมูลขนาดใหญ่ โดยเฉลี่ยใช้เวลาประมาณ 5 วินาทีในข้อมูลขนาด 5,000 ตัวอย่าง ในขณะที่ข้อมูลขนาด 249,049 ตัวอย่างใช้เวลาเฉลี่ย 250 นาทีหรือประมาณ 4 ชั่วโมง ในทางตรงกันข้ามการคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยวิธีการทางสถิติได้แก่ฐานนิยม และมัธยฐาน-ฐานนิยม ใช้เวลาเฉลี่ยไม่ถึง 2.5 วินาทีในข้อมูลชุดที่ 1 (ข้อมูลขนาดใหญ่) และไม่ถึง 1 วินาทีในข้อมูลชุดที่ 2 (ข้อมูลขนาดเล็ก)

สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการใช้การคาดคะเนข้อมูลสูญหายตามความเหมาะสมของชนิดของข้อมูล และไม่สนใจชนิดของข้อมูล ผู้วิจัยนำข้อมูล 5 รูปแบบ ได้แก่ข้อมูลสมบูรณ์ ข้อมูลที่มีความสูญหาย และข้อมูลที่มีความสูญหายที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยฐานนิยม มัธยฐาน-ฐานนิยม และเคเนียร์เรสเนเบอร์ มาสร้างโมเดลการจำแนก โดยจำลองข้อมูลเป็นสองแบบคือข้อมูลชุดที่ 1 มีจำนวน 249,049 ตัวอย่าง (ข้อมูลขนาดใหญ่) และข้อมูลชุดที่ 2 มีจำนวน 5,000 ตัวอย่าง (ข้อมูลขนาดเล็ก) โดยทั้งสองชุดข้อมูลใช้สัดส่วนของแต่ละกลุ่มเท่ากัน ได้แก่ กลุ่มผู้ไม่มีภาวะเบาหวานจำนวน 83.5% และกลุ่มของผู้มีภาวะเบาหวานจำนวน 16.5% ทดลองด้วยอัตราการสูญหายตั้งแต่ 10% - 50% โดยแต่ละรอบการทำงานจะเพิ่มอัตราการสูญหายขึ้นครั้งละ 10% โดยวัดผลจากความถูกต้องของโมเดลการจำแนกพบว่า การใช้ข้อมูลจำนวนมากกว่าในการสร้างโมเดลการจำแนกจะให้ความถูกต้องที่สูงกว่าเฉลี่ย 3.3% ข้อมูลชุดที่ 1 และ 2 มีความต่างเฉลี่ยระหว่าง โมเดลที่ใช้ข้อมูลสมบูรณ์(Complete Data) กับโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหาย (No Imputation) เท่ากันเพียงเล็กน้อยเท่านั้นโดยข้อมูลชุดที่ 1 เท่ากันเพียง 0.54% และข้อมูลชุดที่ 2 เท่ากันเพียง 1.37% จากการทดลอง โมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยฐานนิยม มัธยฐาน-ฐานนิยม และเคเนียร์เรสเนเบอร์พบว่าในข้อมูลชุดที่ 1 ทั้งสามโมเดลให้ค่าเฉลี่ยความถูกต้องใกล้เคียงกับโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหายมาก (ห่างกันไม่ถึง $\pm 0.1\%$) และการใช้การคาดคะเนค่าที่สูญหายตามชนิดของข้อมูล (ใช้มัธยฐานกับข้อมูลชนิดตัวเลขและใช้ฐานนิยมกับข้อมูลชนิดหมวดหมู่) ไม่ได้ปรับปรุงความถูกต้องให้มากขึ้น แต่ในข้อมูลชุดที่ 2 ทั้งสามเทคนิคการคาดคะเนข้อมูลสูญหายให้ค่าเฉลี่ยสูงกว่าโมเดลที่สร้างจากข้อมูลสูญหาย (ประมาณ 0.1-0.4%) และพบว่าการใช้การคาดคะเนค่าที่สูญหายตามชนิดของข้อมูลกลับให้ค่าเฉลี่ยความถูกต้องสูงที่สุดในข้อมูลขนาดเล็ก จากการทดลองแสดงให้เห็นอีกว่าเมื่ออัตราการสูญหายมากขึ้นความถูกต้องจะลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้นทั้งนี้อาจจะเกิดจากความโน้มเอียงของชุดข้อมูล และจากผลการจัดอันดับยังพบอีกว่าโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยเคเนียร์เรสเนเบอร์ให้ความถูกต้องสูงกว่าโมเดลที่ถูกคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยฐานนิยม ทั้งนี้ผลลัพธ์จากการทดลองนี้ทำให้เห็นว่าการคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยวิธีข้างต้นแทบไม่ได้ช่วยให้ผลการจำแนกดีขึ้นมากอีกทั้งยังเสียเวลาในการประมวลผลค่อนข้างมากหากใช้การคาดคะเนข้อมูลสูญหายด้วยเคเนียร์เรสเนเบอร์ในชุดข้อมูลขนาดใหญ่

เอกสารอ้างอิง

- Eddie. (2021 May, 19). How to Handle Missing Data: A Step-by-Step Guide. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/05/dealing-with-missing-values-in-python-a-complete-guide/>
- Gang Chang and Tongmin Ge. (2011). Comparison of missing data imputation methods for traffic flow. International Conference on Transportation, Mechanical, and Electrical Engineering (TMEE), Changchun, China. 639-642.
- Joachim Schork. (2022 February, 13). Missing Values – Statistical Analysis & Handling of Incomplete Data. <https://statisticsglobe.com/missing-data/>

- J. Yu, Y. He and J. Huang. (2021). A Two-Stage Missing Value Imputation Method Based on Autoencoder Neural Network. IEEE International Conference on Big Data (Big Data), Orlando, FL, USA. 6064-6066.
- Qinbao Song. (2007). Missing Data Imputation Techniques. International Journal of Business Intelligence and Data Mining. 2. 261-293.
- Schmitt, P., El, J., & Guedj, M. (2015). A Comparison of Six Methods for Missing Data Imputation. Journal of biometrics & biostatistics, 6, 0-0.
- Sebastian Jäger, Arndt Allhorn, Felix Bießmann. (2021). A Benchmark for Data Imputation Methods. Frontiers. 21(4). 693674. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdata.2021.693674/full>
- Sunil Kumar Dash. (2022, May 4). Handling Missing Values with Random Forest. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2022/05/handling-missing-values-with-random-forest/>

ความสัมพันธ์ของบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบกับการใช้ภาษา

ศิริณัฐรดา เอกอัครรุ่งโรจน์¹, ณัฐชนน หงส์วริทธิ์ธร²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบกับการใช้ภาษาในการสื่อสาร งานวิจัยนี้นำประเภทของคำ (Part of speech) มาหาความถี่เพื่อนำมาเป็นปัจจัย (Feature) ในการหาความสัมพันธ์กับบุคลิกภาพ โดยข้อมูลที่น่ามาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม 3 ส่วน ได้แก่ แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม แบบสอบถามบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ และการเขียนเรียงความ จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาของค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที (t-test) และสหสัมพันธ์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 จำนวน 150 คน ชั้นละ 50 คน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีบุคลิกภาพแบบแสดงตัวค่อนข้างประนีประนอมและมีจิตสำนึกสูง และมีบุคลิกภาพห่วงใยประเภทเดียวที่มีจำนวนผู้ที่มีคะแนนสูงและคะแนนต่ำ ค่อนข้างสูง ในขณะที่บุคลิกภาพแบบเปิดรับประสบการณ์มีจำนวนผู้ที่มีคะแนนสูงหรือต่ำในบุคลิกภาพประเภทนี้น้อยมาก และพบว่าบุคลิกภาพแบบเปิดประสบการณ์มีความสัมพันธ์กับการใช้คำเกือบทุกประเภท อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนบุคลิกภาพแบบห่วงใยถึงแม้จะมีได้ความสัมพันธ์กับการใช้คำใด แต่ข้อสังเกต ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการใช้คำกับบุคลิกภาพนี้เป็นเชิงลบทั้งหมด บุคลิกภาพแบบมีจิตสำนึกมิได้ความสัมพันธ์กับการใช้คำ ไม่ว่าจะประเภทคำใด บุคลิกภาพแบบแสดงตัวมีความสัมพันธ์กับประเภทคำ Stative Verb Subordinating Conjunction และ Relative Pronoun และบุคลิกภาพแบบประนีประนอมมีความสัมพันธ์กับคำประเภท Relative Pronoun เพียงประเภทเดียว อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: บุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ, ประเภทของคำ (part of speech)

¹นักศึกษาปริญญาโท, หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12121

²รศ.ดร., คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12121

¹ Graduate Student, Master of Science, Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Thammasat University 12121

² Assoc.Prof.Dr., Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Thammasat University 12121

The Relations Between the Big Five Personality and Language Use

Sirinrada Ek-akkarakunroj¹, Nuttanont Hongwarittorn²

Abstract

The purpose of this research was to study the relationship between the Big Five personality and language use. This study counts the frequency of different types of words (parts of speech) to be used as a feature to find relationships with personality. The research instruments used in collecting the data were a personal attributes questionnaire, the big five personality test and stream of consciousness essay. The quantitative data were analyzed using the descriptive statistics of arithmetic mean and standard deviation, independent sample t-test and correlation. The sample was 150 students in grades 10-12, 50 students per class. The results of this research revealed that the sample has a high level of extraversion, agreeableness, and conscientiousness. Neuroticism has a relatively high number of people with high level and low level. Openness to Experience has very few people with high level and low level. Openness to Experience has significant relationships with almost all types of words. Although neuroticism is not associated with any type of word, the correlation between word type and personality was entirely negative. Conscientiousness is unrelated to any word type. Extraversion is significantly associated with Stative Verb, Subordinating Conjunction and Relative Pronoun. Agreeableness is significantly associated with relative pronouns.

Keywords: The Big Five personality, Part of speech

บทนำ

การสื่อสารในยุคปัจจุบันได้ชื่อว่าเป็นยุคของการสื่อสารอย่างแท้จริง สามารถติดต่อสื่อสารกับผู้อื่นได้หลากหลายวิธี เช่น การสื่อสารโดยการพูดคุย การส่งจดหมาย การเขียนเรียงความ รูปภาพ เครื่องหมาย หรือกิริยาท่าทางต่าง ๆ และเมื่ออินเทอร์เน็ตได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเรามากยิ่งขึ้น ทำให้เกิดการสื่อสารข้อมูลถึงกันและกันด้วยการใช้สื่อสังคมออนไลน์ (Social Media Online) ซึ่งถือเป็นการสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและใหญ่ที่สุดในโลก รายงาน Digital 2023 Global Overview Report ของ We are เปิดสถิติพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตในเดือนมกราคม 2566 คนทั่วโลกเข้าถึงอินเทอร์เน็ต 5,160 ล้านคน คิดเป็น 64.4% ของประชากรโลก 7,750 ล้านคน (สุชาพันธ์ บุชบากร, 1 ก.พ. 2566) สื่อสังคมออนไลน์เป็นการสื่อสารช่องทางเลือกที่สำคัญ (Alternative channel) ของผู้คนในปัจจุบัน ทำให้สื่อสารกันได้อย่างสะดวกสบาย รวดเร็วเนื่องจากการติดต่อกันทางเครือข่ายสังคมออนไลน์ทำให้เกิดการรับรู้ได้ในทันที ใน การสื่อสารทางออนไลน์บุคคลหลายคนมีการเปิดเผยข้อมูลเรื่องราว ความสนใจ ประสบการณ์และที่สำคัญมีการเปิดเผยตัวตนผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ด้วย (โชติมา วัฒนะ, 2561)

บุคลิกภาพ (Personality) เป็นลักษณะเฉพาะของบุคคล ความเป็นตัวตนของตนเอง แสดงลักษณะนิสัย ความรู้สึก นึกคิด อารมณ์ นิสัยใจคอ ความสนใจ การติดต่อกับผู้อื่น ตลอดจนพฤติกรรมที่มีความแตกต่างระหว่างบุคคล จากการศึกษา ทฤษฎีทางจิตวิทยาพบว่ามีความคิดหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการนำภาษาในการสื่อสารมาจำแนกบุคลิกภาพของบุคคล เช่น ผู้ที่มีบุคลิกภาพแบบแสดงตัว (Extraversion) มักมีลักษณะชอบอยู่ร่วมกับผู้อื่น ชอบเข้าสังคม ชอบพบปะสังสรรค์เป็นคนที่ชอบพูด ชอบทำกิจกรรม ผู้ที่มีบุคลิกภาพในลักษณะนี้มีการใช้คำพูดจำนวนมากในการสื่อสาร ซึ่งตรงข้ามกับผู้ที่มีบุคลิกภาพแบบเก็บตัว (Introversion) มักมีลักษณะชอบใช้เวลาอยู่กับตัวเอง ไม่ชอบแสดงความคิดเห็น ไม่ค่อยเริ่มต้นสื่อสารกับผู้อื่นก่อน ไม่ค่อยพูด เป็นคนเงียบ ผู้ที่มีบุคลิกภาพในลักษณะนี้มีการใช้คำพูดน้อย (หลุย จำปาเทศน์, 2542) จากแนวคิดข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ลักษณะของการใช้ภาษาซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการสื่อสารความคิดความรู้สึกสามารถบ่งบอกถึงบุคลิกภาพของบุคคลได้

เครือข่ายสังคมออนไลน์เป็นสังคมขนาดใหญ่มีทั้งข้อดีและข้อเสีย การที่ผู้ใช้งานเครือข่ายสังคมออนไลน์ได้รู้จัก ผู้ใช้งานอื่นที่มีลักษณะหลากหลายในสังคมออนไลน์ ซึ่งแต่ละบุคคลมีพฤติกรรม บุคลิกภาพหรือนิสัยที่แตกต่างกัน มีโอกาสที่เราจะได้ทำความรู้จักกับผู้ใช้งานอื่นที่อาจมีลักษณะบุคลิกภาพแปรปรวนเข้ามาพูดคุยแลกเปลี่ยนประสบการณ์ จนอาจมีการนัดพบและนำไปสู่อันตรายต่อผู้ใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์ หรือผู้ใช้งานอื่นอาจจะมีพฤติกรรมซึมเศร้า สิ้นหวัง ว่าเหว และอาจนำไปสู่การฆ่าตัวตาย งานวิจัยของ สุพัตรา สุขาวห (2560) พบว่าบุคคลที่มีบุคลิกภาพแบบหวั่นไหวง่าย (Neuroticism) และบุคลิกภาพแบบแสดงตัว (Extraversion) จะมีความเสี่ยงในการเกิดพฤติกรรมการฆ่าตัวตายสูงสุด ดังนั้นหากผู้ใช้งานที่เข้ามาทำความรู้จักมีบุคลิกภาพหรือพฤติกรรมข้างต้น ก็จะได้หาทางป้องกันได้อย่างทันท่วงที

ผู้ใช้งานบางคนใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์เพื่อแสดงความคิดเห็น เพื่อพูดถึงครอบครัว การเงิน ปัญหาชีวิต รวมถึงสังคมและสิ่งแวดล้อม (Kircaburun et al., 2018) การใช้ภาษาเหล่านี้สามารถนำมาใช้จำแนกบุคลิกภาพและพฤติกรรมของบุคคลได้ จากการศึกษาของ Alam et al. (2013) แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างบุคลิกภาพของผู้ใช้งานและพฤติกรรมบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ งานวิจัยของ Lee et al. (2550) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ภาษาเกาหลีกับทฤษฎีบุคลิกภาพ เก็บข้อมูลด้วยวิธีการให้นักศึกษาเขียนเรียงความ ผลการศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างการใช้ภาษาเกาหลีกับบุคลิกภาพ โดยเฉพาะคำกริยาที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับบุคลิกภาพแบบแสดงตัว นั่นคือถ้ามีบุคลิกภาพแบบแสดงตัวสูงเท่าใดก็จะใช้คำกริยาในภาษามากเท่านั้น สำหรับประเทศไทย ยังขาดงานวิจัยทางด้านนี้อย่างมาก ในขณะที่จะเห็นว่ามีข่าวการล่อลวงของคนในโลกการสื่อสารที่มีการสนทนาระหว่างบุคคลแล้วผู้ร้ายก็ได้ล่อลวงบุคคลอีกฝ่ายหนึ่งไปทำมิดีมิร้าย และที่เลวร้ายที่สุดถึงขั้นการฆาตกรรม

การสื่อสารระหว่างบุคคลผ่านสื่อออนไลน์นั้น มีเพียงข้อความไปมาระหว่างบุคคล เราไม่สามารถล่วงรู้บุคลิกภาพของอีกฝ่ายหนึ่งได้ การนำแบบประเมินบุคลิกภาพทางจิตวิทยาไปให้บุคคลที่สนทนาด้วยทางออนไลน์ มีวิธีที่จะสามารถทำได้โดย

ปกติ คู่สนทนาอาจจะไม่ตอบหรือไม่ไว้วางใจหรืออาจจะตอบแบบประเมินเพื่อให้ผลการประเมินบุคลิกภาพมิได้สะท้อนถึงความเป็นจริง ดังนั้น การนำถ้อยความมาทำการวิเคราะห์เพื่อสะท้อนถึงความเป็นตัวตนบุคลิกภาพของบุคคลได้ ย่อมน่าจะเป็นเครื่องมือที่ดีที่จะเป็นธรรมชาติได้อย่างเหมาะสม แต่การพัฒนางานวิจัยทางด้านนี้ ยังมีได้ถูกพัฒนามากนักในประเทศนอกเหนือจากความยุ่งยากในการประมวลผลกับภาษาไทยแล้ว การนำถ้อยความมาวิเคราะห์ถึงบุคลิกภาพได้ เป็นเรื่องที่มีความซับซ้อนสูงขึ้นไปอีกอย่างมาก งานวิจัยชิ้นนี้เป็นความพยายามเบื้องต้นที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ภาษา กับบุคลิกภาพ ผลการศึกษาจะมุ่งไปสู่การต่อยอดและการพัฒนางานวิจัยที่เป็นประโยชน์มากขึ้นต่อไป

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความหมายของบุคลิกภาพ

ราชบัณฑิตยสถาน (2525) ได้ให้ความหมายของบุคลิกภาพว่าเป็นสภาพนิสัยจำเพาะคน ในขณะที่นักจิตวิทยาได้ให้คำจำกัดความของบุคลิกภาพไว้หลากหลาย ออลพอร์ท (Allport, 1961) ให้ความหมายของคำว่า “บุคลิกภาพ” ว่าเป็นการรวบรวมและการจัดเกี่ยวกับระบบร่างกายและจิตใจ (Psychophysical systems) ภายในตัวของแต่ละบุคคล และจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ พร้อมทั้งส่งผลให้แต่ละบุคคลมีการปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว Bootzin et al. (1991) ได้นิยามบุคลิกภาพเป็นลักษณะนิสัย รูปแบบของความคิด ความรู้สึก และการประพฤติปฏิบัติของแต่ละบุคคล ส่วน Zimbardo et al. (1980) (อ้างในวิจิตร อวระกุล, 2549) ระบุว่า บุคลิกภาพเป็นผลรวมของแต่ละบุคคลในเชิงจิตวิทยา มีผลต่อการแสดงออก โดยพฤติกรรมที่หลากหลายนั้น มีทั้งส่วนที่เป็นลักษณะภายนอกซึ่งสังเกตได้ง่าย และพฤติกรรมภายในที่สังเกตได้ยาก ลักษณะที่หลากหลายส่งผลให้บุคคลแต่ละบุคคลมีการแสดงออกที่แตกต่างกันในแต่ละสถานการณ์และช่วงเวลา บุคลิกภาพเป็นผลรวมของคุณลักษณะทางด้านจิตใจที่นำไปสู่พฤติกรรมที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล (Zimbardo et al, 2009) และบุคลิกภาพเป็นรูปแบบพฤติกรรมที่แสดงถึงความคิด การแสดงออกทางอารมณ์ของบุคคลเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล (เจริญใจ สีขาว, 2553) และศรีเรือน แก้วกังวาล (2551) กล่าวว่าบุคลิกภาพ เป็นลักษณะเฉพาะตัวของบุคคลทั้งภายนอกและภายใน ภายนอก ส่วนที่มองเห็นชัดเจน เช่น รูปร่าง หน้าตา การแต่งตัว วิธีการพูด ฯลฯ ภายในคือ ส่วนที่มองเห็นได้ยาก แต่ทราบได้โดยการอนุมาน เช่น ความคิด สติปัญญา ความถนัด ค่านิยม ความสนใจ ฯลฯ จากคำจำกัดความและความหมายของบุคลิกภาพที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า บุคลิกภาพ หมายถึง ลักษณะส่วนรวมและคุณลักษณะอันเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของแต่ละบุคคล ซึ่งแสดงออกมาเป็นพฤติกรรมที่มีต่อสิ่งแวดล้อมรอบตัว จะมีลักษณะทางกายซึ่งสังเกตได้ง่าย ได้แก่ รูปร่าง หน้าตา การแต่งตัว วิธีการพูด ฯลฯ และลักษณะทางจิตซึ่งเป็นสิ่งที่สังเกตได้ยาก ได้แก่ ความคิด สติปัญญา ความถนัด ค่านิยม ความสนใจ ฯลฯ ลักษณะทั้งภายนอกและภายในเป็นคุณลักษณะที่ได้รับหล่อหลอมทั้งจากพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมในการใช้ชีวิตและการปรับตัว ตลอดจนกลายเป็นแนวปฏิบัติของบุคคลหรือพฤติกรรมปฏิกิริยาที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของแต่ละบุคคล

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับบุคลิกภาพ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับบุคลิกภาพได้มีการศึกษาและพัฒนาอย่างยาวนาน จึงได้เกิดทฤษฎีบุคลิกภาพหลายทฤษฎี จึงมีนักวิชาการพยายามจัดแนวคิดและทฤษฎีออกเป็นหมวดหมู่เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษา ซึ่งการจัดกลุ่มอาจจะแตกต่างกันไปตามหลักทางวิชาการของแต่ละท่าน ในงานวิจัยนี้ขอกกล่าวถึงการจัดหมวดหมู่ทฤษฎีบุคลิกภาพของ ศรีเรือน แก้วกังวาล (2554) ซึ่งได้แบ่งทฤษฎีบุคลิกภาพเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้ แนวคิดจิตวิเคราะห์ (Psychoanalysis Theory) แนวคิดมนุษยนิยม (Humanistic Theory) แนวคิดพฤติกรรมนิยม (Behavioral Theory) แนวคิดลักษณะนิสัย (Trait Theory) และแนวคิดปัญญานิยม (Cognitive Theory) จากการทบทวนวรรณกรรม บุคลิกภาพห้าองค์ประกอบเป็นโมเดลบุคลิกภาพที่นิยมใช้ ในปัจจุบัน และเป็นที่ยอมรับจากนักวิชาการว่าสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการจำแนกบุคลิกภาพได้ Costa และ McCrae (1992) ได้แบ่งบุคลิกภาพของมนุษย์ตามแบบจำลองบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ (Big Five Personality) ใช้อธิบายบุคลิกภาพ รวมทั้งสภาพ

ทางจิตใจของมนุษย์ โดยองค์ประกอบแต่ละด้านจะเป็นกลุ่มของคุณลักษณะ พฤติกรรมประจำของมนุษย์ที่มักเกิดขึ้นร่วมกัน สามารถแบ่งบุคลิกภาพได้ 5 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มบุคลิกภาพแบบหวั่นไหว (Neuroticism) เป็นลักษณะบุคลิกภาพ ที่มีแนวโน้มเป็นผู้ที่มีอารมณ์ไม่เสถียร มีอารมณ์แปรปรวน คำนึงถึงตนเองเป็นหลัก และประสบปัญหาจากอารมณ์ด้านลบ เช่น มักแสดงออกถึงความวิตกกังวล ความหวาดกลัว ความกลัว ความอิจฉาริษยา ความขัดข้องใจ และความเหงาม กลุ่มบุคลิกภาพแบบแสดงตัว (Extraversion) หมายถึงบุคคลที่มีแนวโน้มมีบุคลิกภาพร่าเริง เป็นมิตร รักความสนุกสนาน ช่างพูด ช่างเจรจา ชอบเข้าสังคม ชอบการแสดงออก มีความสัมพันธ์กับคนจำนวนมาก กลุ่มบุคลิกภาพแบบเปิดรับประสบการณ์ (Openness to Experience) หมายถึงบุคลิกภาพที่แสดงให้เห็นถึงการชอบค้นหาประสบการณ์แปลกใหม่ มีจินตนาการ เป็นคนช่างฝัน มีสุนทรียภาพ มีความคิดและมีสติปัญญา ชอบการแสดงความคิดเห็น กลุ่มบุคลิกภาพแบบประนีประนอม (Agreeableness) หมายถึงบุคลิกภาพที่มีแนวโน้มเป็นผู้ที่มีลักษณะเป็นมิตร จิตใจดี มีความเห็นอกเห็นใจ พร้อมทั้งจะให้ความร่วมมือ เป็นที่น่าไว้วางใจ หลีกเลี่ยงความขัดแย้ง และกลุ่มบุคลิกภาพแบบมีจิตสำนึก (Conscientiousness) คือ บุคลิกภาพที่มีความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ยุติธรรม มีหลักการเหตุผล ยืนหยัด มุ่งมั่นต่อความสำเร็จ สามารถพึ่งพาได้ มีวินัย มีความรับผิดชอบ มีความสุขุมรอบคอบ

บุคคลจะมีบุคลิกภาพทั้งห้าองค์ประกอบตามทฤษฎี ดังนั้นเมื่อบุคคลทำแบบประเมินบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ (Big Five Inventory -BFI) ผลจากแบบทดสอบจะทำให้ทราบคะแนนในแต่ละด้าน ยกตัวอย่างเช่น ผู้ที่ได้คะแนน บุคลิกภาพแบบเปิดรับประสบการณ์ บุคลิกภาพแบบมีจิตสำนึก บุคลิกภาพแบบแสดงตัว และบุคลิกภาพแบบประนีประนอมสูง และได้คะแนนบุคลิกภาพแบบหวั่นไหวต่ำ จะมีลักษณะของบุคลิกภาพ ดังนี้ มีแนวโน้มเป็นผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ ช่างคิด สนใจเรียนรู้และแสดงออกทางด้านศิลปะ เป็นคนชอบการผจญภัยและไม่ติดอยู่ในกรอบเดิม ๆ มีความรับผิดชอบ ซื่อสัตย์ ยุติธรรม มีระเบียบวินัย น่าเชื่อถือ ไว้วางใจได้ ไม่เกี่ยงงานหนักและตั้งมั่นในเป้าหมาย เข้ากับผู้อื่นได้ง่าย เป็นมิตร สามารถปรับตัวได้ดี มีแนวโน้มที่จะยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นมีความกระตือรือร้น ชอบเข้าสังคม สนใจเรื่องแปลกใหม่ การเอาชนะ มีความเห็นอกเห็นใจผู้อื่น มีอารมณ์ที่มั่นคง ผ่อนคลาย มีความอดทน หนักแน่น มักจะมองโลกในแง่ดี และมั่นใจในตนเอง

มีงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างบุคลิกภาพและการใช้ภาษาในการสื่อสาร ตัวอย่างงานวิจัยในต่างประเทศมีงานวิจัยที่พยายามจะทำนายบุคลิกภาพโดยใช้ชุดข้อมูลจาก Facebook และ Twitter เช่นงานวิจัยของ Tadesse et al. (2018) และ Howlader et al. (2018) ใช้ชุดข้อมูลจาก myPersonality ที่ประกอบไปด้วยข้อมูลการเขียนสถานะในโซเชียลมีเดีย (Status) ของผู้ใช้งานและข้อมูลบุคลิกภาพจำนวน 250 คน ซึ่งข้อมูลบุคลิกภาพสามารถนำไปเชื่อมโยงกับบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบได้ และยังมีงานวิจัยของ Adi et al. (2018) และ Jeremy et al. (2019) ที่ใช้ชุดข้อมูลจาก Twitter ในภาษาบาฮาซา (Bahasa) ใช้อัลกอริทึมที่แตกต่างกันในการสร้างแบบจำลองการทำนายบุคลิกภาพ ในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างการใช้อำนาจ (Keyword) ในการเขียนสถานะในโซเชียลมีเดียกับบุคลิกภาพของผู้ใช้งาน ในงานวิจัยของ Lee et al. (2550) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้อำนาจเกาหลี กับทฤษฎีบุคลิกภาพ 2 ทฤษฎี ได้แก่บุคลิกภาพ MBTI และบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ โดยเก็บข้อมูลจากนักศึกษา จำนวน 80 คน โดยให้ทำแบบทดสอบบุคลิกภาพ และเขียนเรียงความ Stream-of-consciousness essay จากนั้นจัดหมวดหมู่ของคำ โดยใช้ The Korean version of Linguistic Inquiry and Word Count ผลการศึกษาพบว่ามีสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างการใช้อำนาจเกาหลี กับบุคลิกภาพ MBTI และบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ ส่วนงานวิจัยในประเทศไทย ชีรพงษ์ พุ่มพฤษ (2554) ได้ศึกษาลักษณะการใช้ภาษาไทยในระบบเครือข่ายสังคมออนไลน์ โดยดูจากความถี่และลักษณะของคำเพื่อจำแนกบุคลิกภาพตามทฤษฎีบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ โดยจำแนกบุคลิกภาพด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสามารถให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้การใช้ภาษาโดยดูจากความถี่ของประเภทคำเพื่อนำมาจำแนกบุคลิกภาพได้ และ ภัทธินา โสตาบัน (2560) ได้ศึกษาความแตกต่างและลักษณะของภาษา เพื่อจำแนกคำให้การจริงและคำให้การเท็จ เก็บข้อมูลคำให้การจากผู้ทดลองจำนวน 60 คน หลังจากให้ชมภาพยนตร์สั้น โดยเก็บข้อมูลเป็นข้อมูลเสียงแล้วนำมาถอดเป็นตัวอักษร จากนั้นเปรียบเทียบความถี่ของ

การใช้คำในประเภทต่าง ๆ ที่แบ่งไว้เป็นประเภททางไวยากรณ์และประเภททางจิตวิทยา จากผลการศึกษาข้างต้นพบว่าเป็นไปได้ที่จะนำประเภทของคำไปใช้จำแนกคำให้การจริงและคำให้การเท็จได้

วิธีการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เนื่องจากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ต้องการได้ข้อมูลการใช้ภาษาที่เพียงพอ งานวิจัยชิ้นนี้จึงได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมปลายปีที่ 4-6 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดราชบุรี จำนวน 150 คน จากงานวิจัยที่ผ่านมาทั้งในและต่างประเทศได้ใช้จำนวนคำเป็นปัจจัยในการทำนายบุคลิกภาพ งานวิจัยนี้จึงได้นำประเภทของคำมาหาความถี่เพื่อนำมาเป็น ปัจจัย (Feature) ในการหาความสัมพันธ์กับบุคลิกภาพ โดยข้อมูลที่น่ามาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ได้มาจากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม 3 ส่วน ได้แก่ แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม แบบสอบถามบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ และการเขียนเรียงความ ในส่วนของแบบทดสอบบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบจะนำมาหาค่าบุคลิกภาพ ส่วนข้อมูลที่ได้จากการเขียนเรียงความจะนำไปใช้วิเคราะห์การใช้คำโดยนำไปคำนวณหาความถี่ของประเภทคำ โดยเริ่มต้นด้วย Data Cleaning จัดการลบข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ เช่น การขาดหายไปของข้อมูล (Missing Value) ค่าข้อมูลที่ผิดปกติหรือสะกดคำผิด จากนั้นทำการตัดคำด้วยโปรแกรม deepcut และนำมานับจำนวนคำและแยกประเภทของคำ (Part of Speech Tagging) เช่น คำนาม คำสรรพนาม คำกริยา คำบุพบท คำสันธาน โดยใช้ฟังก์ชัน pos_tag ในไลบรารี PyThaiNLP ประเภทของคำและตัวอย่างคำดังแสดงไว้ในตารางที่ 1) จากนั้นจะทำการนับความถี่ของประเภทคำ เพื่อให้ได้ข้อมูลซึ่งเป็นตัวเลขมาทำวิเคราะห์การใช้คำและคำนวณความสัมพันธ์กับบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ

ตารางที่ 1 ชนิดของคำและตัวอย่างคำ

ชนิดของคำ (Part-of-Speech)	ตัวอย่างคำ	ชนิดของคำ (Part-of-Speech)	ตัวอย่างคำ
Common Noun	หนังสือ, อาหาร, อาคาร, คน	Coordinating Conjunction	และ, หรือ, แต่
Active Verb	ทำงาน, ร้องเพลง, กิน	Adverb	เก่ง, เร็ว, ช้า, สม่าเสมอ
Stative Verb	ชื่นชอบ, เชื่อ, ชอบ, สงสัย	Post-Verb Auxiliary	ไป, มา, ขึ้น
Subordinating Conjunction	เพราะว่า, เนื่องจาก, ที่, แม้ว่า, ถ้า	Relative Pronoun	ที่, ซึ่ง, อัน, ผู้
Preposition	จาก, ละ, ของ, ได้, บน	Negator	ไม่, ไม่ได้, ไม่ได้, มิ
Personal Pronoun	คุณ, เขา, ฉัน	Attributive verb (Adjective)	อ้วน, ดี, สวย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้แบบทดสอบทางบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบซึ่งเป็นแบบมาตราประมาณค่า (Rating Scale) ประกอบด้วย 3 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับข้อมูลลักษณะส่วนบุคคล ส่วนที่ 2 เป็นคำถามเพื่อใช้ประเมินบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ (The big five personality test) ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบที่เรียกว่า NEO Five-Factor Invertor (NEO-FFI) ตามแนวคิดของคอสตา และแมคครี (Costa & McCrae, 1992) ที่ได้รับการแปลและพัฒนาโดยกฤติกา หล่อวัฒนวงศ์ (2547) มาใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาแบบทดสอบบุคลิกภาพเพื่อให้มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน แบบทดสอบบุคลิกภาพมีข้อคำถามทั้งหมด 5 องค์ประกอบ ได้แก่ บุคลิกภาพแบบหวั่นไหว (Neuroticism) บุคลิกภาพแบบแสดงตัว (Extraversion) บุคลิกภาพแบบเปิดรับประสบการณ์ (Openness to Experience) บุคลิกภาพแบบประนีประนอม (Agreeableness) และบุคลิกภาพแบบมีจิตสำนึก (Conscientiousness) มีข้อคำถามรวมจำนวน 60 ข้อ แบ่งเป็นข้อคำถามเชิงบวก จำนวน 33 ข้อ และข้อคำถามเชิงลบ จำนวน 27 ข้อ แบบประเมินบุคลิกภาพใช้มาตราวัดการ

ประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Scale) แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ 1 (ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง) จนถึง 5 (เห็นด้วยอย่างยิ่ง) แบบประเมินบุคลิกภาพถูกนำไปหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ด้วยการพิจารณาจากค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Index of item objective congruence : IOC) ผลลัพธ์ค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบสอบถามเกี่ยวกับแบบสอบถามบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ พบว่าไม่มีข้อคำถามใดที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ทำให้แบบประเมินบุคลิกภาพยังมีจำนวนข้อ 60 ข้อเท่าเดิม การกำหนดระดับบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบจะพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยใน 3 ระดับ ระดับต่ำ จะมีช่วงคะแนนเฉลี่ย 1.00 – 2.33 ระดับปานกลาง จะมีช่วงคะแนนเฉลี่ย 2.34 – 3.67 และระดับสูง จะมีช่วงคะแนนเฉลี่ย 3.68 – 5.00

ส่วนที่ 3 การเขียนเรียงความ เป็นการเก็บข้อมูลที่จะให้หน่วยทดลองได้ใช้ภาษาเพื่อแสดงถึงความรู้สึก (Stream of consciousness essay) เล่าสิ่งที่อยู่ภายในใจ หรือแสดงความคิดเห็น มีทั้งหมด 3 หัวข้อ เพื่อให้หน่วยทดลองได้ใช้ภาษาหลากหลาย ได้แก่ เรียงความที่เล่าถึงความเป็นตนเอง เรียงความที่เล่าถึงความคิดเห็นเกี่ยวกับสื่อออนไลน์ และเรียงความที่เล่าถึงความรู้สึก ความคิดเห็น เกี่ยวกับครูในอนาคต โดยไม่มีข้อกำหนดอะไรพิเศษ นอกจากให้หน่วยทดลองเขียนด้วยภาษาของตนเองได้อย่างอิสระ

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์แบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 150 ชุด แบ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 มีจำนวน 50 ชุดเท่า ๆ กัน มีนักเรียนที่เป็นเพศหญิง 99 คน คิดเป็นร้อยละ 66 และเป็นเพศชาย 51 คน คิดเป็นร้อยละ 34

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ (Big-Five Model)

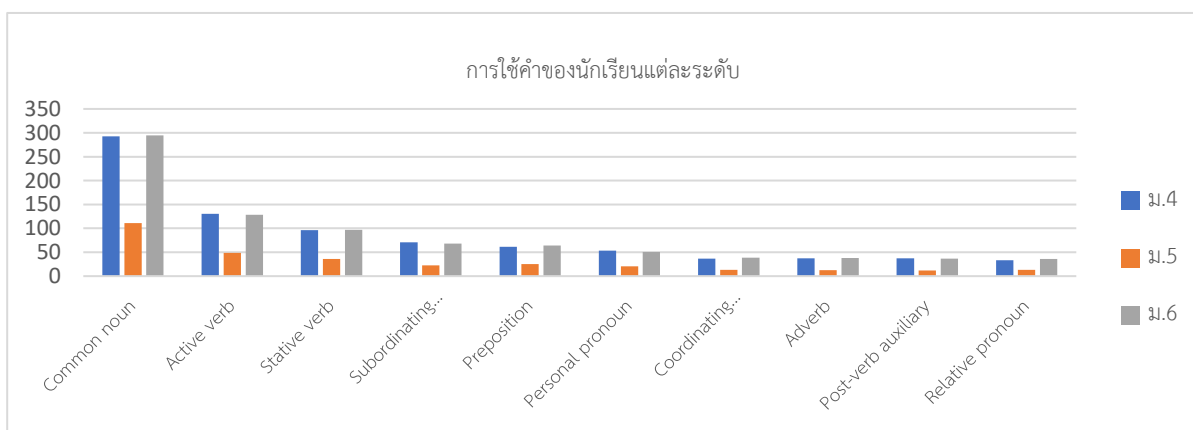
บุคลิกภาพ	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน*	จำนวนผู้ที่มีคะแนนสูง (คน)	จำนวนผู้ที่มีคะแนนต่ำ (คน)	คะแนนสูงสุด	คะแนนต่ำสุด
แบบหวั่นไหว (Neuroticism)	2.86 (0.62)	13	31	1.58	4.42
แบบแสดงตัว (Extraversion)	3.45 (0.48)	39	1	2.17	4.42
แบบเปิดรับประสบการณ์ (Openness to Experience)	2.95 (2.67)	1	1	2	3.92
แบบประนีประนอม (Agreeableness)	3.45 (0.47)	45	2	2.25	4.5
แบบมีจิตสำนึก (Conscientiousness)	3.53 (0.49)	50	0	2.58	4.83

*ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในวงเล็บ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ (Big-Five Model) แสดงในตารางที่ 2 และในเกณฑ์การให้คะแนนของลักษณะบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบซึ่งกล่าวไว้ในวิธีการวิจัย (Methods) เพื่อแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มคะแนนสูงต่ำในแต่ละประเภทบุคลิกภาพ จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมปลายมีบุคลิกภาพแบบแสดงตัวค่อนข้างประนีประนอมและมีจิตสำนึกสูง จะเห็นจากจำนวนผู้ที่มีคะแนนในแบบบุคลิกภาพใน 3 บุคลิกภาพนั้น และมีค่าเฉลี่ยในสามบุคลิกภาพนั้นสูงเช่นเดียวกัน และจะสังเกตเห็นได้ว่า มีบุคลิกภาพแบบหวั่นไหวประเภทเดียวที่มีจำนวนผู้ที่มีคะแนนสูงและคะแนนต่ำค่อนข้างสูง ในขณะที่มีบุคลิกภาพแบบเปิดรับประสบการณ์ประเภทเดียวเหมือนกัน ที่มี

จำนวนผู้ที่มีคะแนนสูงหรือต่ำในบุคลิกภาพประเภทนี้น้อยมาก สัดส่วนของนักเรียนในแต่ละประเภทของบุคลิกภาพที่มีคะแนนสูงและต่ำ อาจเป็นสิ่งที่สะท้อนบุคลิกภาพของบุคคลรุ่นใหม่ (ศศิมา ตุ่มนิลกาล, 2561)

เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างบุคลิกภาพห้องค้ประกอบกับการใช้ภาษาในการสื่อสาร โดยใช้คำจากเรียงความ ผลการวิเคราะห์พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีการใช้คำจำนวน 124,003 คำ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีการใช้คำมากที่สุด จำนวน 52,518 คำ รองลงมาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีการใช้คำจำนวน 52,347 คำ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีการใช้คำจำนวน 19,138 คำ จากการวิเคราะห์การใช้คำในแต่ละประเภทคำ (part of speech) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ระดับชั้น พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีแนวโน้มจะใช้ประเภทคำ ที่เป็นคำนามทั่วไป (Common noun) มากที่สุด รองลงมาคือ Active verb คำกริยาที่แสดงการกระทำ เช่น ทำงาน, ร้องเพลง, กิน Stative verb คำกริยาที่บอกสถานะ ความรู้สึกและอารมณ์ การรับรู้ ความคิด เช่น เห็น, รู้, คือ และ Subordinating conjunction คำสันธานที่ใช้เชื่อมประโยค 2 ประโยค เช่น เพราะว่า, เนื่องจาก ที่, แม้ว่า, ถ้า ตามลำดับ มัธยมศึกษาปีที่ 5 มีแนวโน้มจะใช้ประเภทคำ Common noun มากที่สุด รองลงมาคือ Active verb, Stative verb และ Preposition ตามลำดับ มัธยมศึกษาปีที่ 6 มีแนวโน้มจะใช้ประเภทคำ Common noun มากที่สุด รองลงมาคือ Active verb, Stative verb และ Subordinating conjunction ตามลำดับ



รูปที่ 1 แสดงการใช้คำของนักเรียนแต่ละระดับ

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบบุคลิกภาพห้องค้ประกอบระหว่างเพศ

บุคลิกภาพ	ค่าเฉลี่ยเพศชาย	ค่าเฉลี่ยเพศหญิง	t	df	Sig.(2-tailed)
แบบหวั่นไหว (Neuroticism)	2.78	2.90	-1.128	148	0.261
แบบแสดงตัว (Extraversion)	3.3170	3.5152	-2.457	148	0.015
แบบเปิดรับประสบการณ์ (Openness to Experience)	2.9248	2.9554	-0.666	148	0.506
แบบประนีประนอม (Agreeableness)	3.3415	3.4992	-1.958	148	0.052
แบบมีจิตสำนึก (Conscientiousness)	3.4428	3.5783	-1.859	141.7**	0.065

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบบุคลิกภาพระหว่างนักเรียนชายและหญิง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีบุคลิกภาพแบบหวั่นไหว (Neuroticism) แบบเปิดรับประสบการณ์ (Openness to Experience) แบบประนีประนอม (Agreeableness) และแบบมีจิตสำนึก (Conscientiousness) ไม่แตกต่างกัน แต่นักเรียนหญิงมีบุคลิกภาพแบบแสดงตัว (Extraversion) สูงกว่านักเรียนชายอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบและการใช้ภาษา

Part of speech	บุคลิกภาพ				
	แบบหวุ่นไหว (Neuroticism)	แบบแสดงตัว (Extraversion)	แบบเปิดรับประสบการณ์ (Openness to Experience)	แบบประนีประนอม (Agreeableness)	แบบมีจิตสำนึก (Conscientiousness)
Number of words	-0.055	0.145	0.215**	0.052	0.020
Common Noun	-0.066	0.154	0.207*	0.042	0.007
Active Verb	-0.060	0.118	0.214**	0.048	0.011
Stative Verb	-0.077	0.207*	0.182*	0.091	0.049
Subordinating Conjunction	-0.085	0.182*	0.196*	0.049	0.023
Preposition	-0.024	0.128	0.156	0.088	0.031
Personal Pronoun	-0.026	0.043	0.125	0.084	0.022
Coordinating Conjunction	-0.100	0.089	0.180*	0.026	0.011
Adverb with Normal Form	-0.007	0.060	0.237**	-0.008	-0.028
Post-Verb Auxiliary	-0.028	0.111	0.224**	0.039	-0.013
Relative Pronoun	-0.141	0.246**	0.201*	0.164*	0.088
Negator	-0.002	0.059	.196*	-0.053	0.006
Attributive Adjective	-0.073	0.138	0.144	0.126	0.094

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 **มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างบุคลิกภาพกับการใช้คำของนักเรียนระดับมัธยม ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าบุคลิกภาพแบบเปิดรับประสบการณ์จะมีความสัมพันธ์กับการใช้คำเกือบทุกประเภท (Part of speech) อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนบุคลิกภาพแบบหวุ่นไหวถึงแม้จะไม่ได้มีความสัมพันธ์กับการใช้คำใด แต่ข้อสังเกต ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการใช้คำกับบุคลิกภาพนี้เป็นเชิงลบทั้งหมดเช่นเดียวกัน บุคลิกภาพแบบมีจิตสำนึกก็ได้มีความสัมพันธ์กับการใช้คำ ไม่ว่าจะเป็นประเภทคำใด ในขณะที่บุคลิกภาพแบบแสดงตัวมีความสัมพันธ์กับ Stative Verb และ Subordinating Conjunction และมีความสัมพันธ์กับคำประเภท Relative Pronoun เป็นอย่างมาก ส่วนบุคลิกภาพแบบประนีประนอมมีความสัมพันธ์กับคำประเภท Relative Pronoun เพียงประเภทเดียวเท่านั้น

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบกับการใช้ภาษาในการสื่อสาร โดยใช้ข้อมูลจากบทเรียงความของนักเรียน 150 คน มาแยกประเภทของคำและหาความถี่เพื่อนำมาเป็น ปัจจัย (Feature) ในการหาความสัมพันธ์กับบุคลิกภาพ ผลการวิจัยพบว่าบุคลิกภาพมีความสัมพันธ์กับการใช้คำในการสื่อสาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (Tadesse et al., 2018 Howlader et al., 2018 Adi et al., 2018 Jeremy et al., 2019 Lee et al., 2550 หลุย จาปาเทศน์, 2542 ธีรพงษ์ พุ่มพฤษ, 2554 และ ภัทณิดา โสตาบัน, 2560) บุคลิกภาพที่มีความสัมพันธ์กับการใช้ภาษา ได้แก่ บุคลิกภาพแบบเปิดรับประสบการณ์ บุคลิกภาพแบบแสดงตัว และบุคลิกภาพแบบประนีประนอม ผลการวิจัยพบว่าบุคลิกภาพแบบเปิดรับประสบการณ์จะมีความสัมพันธ์กับจำนวนคำและการใช้คำเกือบทุกประเภท (Part of speech) ยกเว้น Preposition, Personal Pronoun และ Attributive Adjective ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าบุคลิกภาพแบบเปิดรับประสบการณ์ จะมีลักษณะที่ชอบการแสดงความคิดเห็น เป็นผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ มีจินตนาการ จึงเป็นบุคคลที่มีการใช้คำจำนวนหลากหลายเกือบทุกประเภท ผลการวิจัยนี้ยังสอดคล้องดังที่งานวิจัยของ Lee et al. (2550) ที่

พบว่าจำนวนประโยค คำกริยา คำวิเศษ มีความสัมพันธ์กับบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อีรพงษ์ พุ่มพฤษ (2554) และภักธินดา โสตาบัน (2560) ที่พบว่าการใช้จำนวนคำมีความสัมพันธ์กับบุคลิกภาพ สามารถนำมาใช้จำแนกบุคลิกภาพได้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tadesse et al. (2018) และ Lee et al. (2550) ที่พบว่าบุคลิกภาพแบบเปิดรับประสบการณ์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการใช้คำพูดที่ยาวในการเขียนบทความ ส่วนบุคลิกภาพแบบแสดงตัวมีความสัมพันธ์กับประเภทคำ Stative Verb, Subordinating Conjunction และ Relative Pronoun อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lee et al. (2550) ที่ได้รายงานไว้ว่าคำกริยาที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับบุคลิกภาพแบบแสดงตัว นั่นคือถ้าบุคคลมีบุคลิกภาพแบบแสดงตัวสูงก็จะใช้คำกริยาในภาษามากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับบุคลิกภาพของผู้ที่มีบุคลิกภาพแบบแสดงตัวมักมีลักษณะเป็นคนที่ชอบพูด ช่างเจรจา และมีการใช้คำพูดจำนวนมากในการสื่อสาร (หลุย จำปาเทศน์, 2542) ส่วนบุคลิกภาพแบบประนีประนอมมีความสัมพันธ์กับคำประเภท Relative Pronoun อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะว่าบุคลิกภาพนี้มีแนวโน้มเป็นผู้ที่มีลักษณะเป็นมิตร จิตใจดี มีความเห็นอกเห็นใจ หลีกเลี่ยงความขัดแย้ง จึงมีการใช้คำสรรพนามที่เอาไว้อธิบายประโยคให้ประธานหรือกรรมในประโยคยาวขึ้น และมีรายละเอียดมากขึ้นเพื่อหลีกเลี่ยงความขัดแย้งหรือการตีความหมายในข้อความผิด สอดคล้องกับงานวิจัยของอีรพงษ์ พุ่มพฤษ (2554) ที่พบว่าบุคลิกภาพแบบประนีประนอมมีความสัมพันธ์กับการใช้ภาษา สามารถให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้การใช้ภาษาโดยดูจากวลีของประเภทคำเพื่อนำมาจำแนกบุคลิกภาพได้

จากงานวิจัยนี้พบว่าบุคลิกภาพแบบห้วนใจ และบุคลิกภาพแบบมีจิตสำนึกมิได้มีความสัมพันธ์กับประเภทของคำใด ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะว่าลักษณะของบุคคลที่มีบุคลิกภาพแบบห้วนใจ จะมีความวิตกกังวล คำนึงถึงตนเองเป็นหลัก จึงมีการใช้คำพูดน้อย แต่จะเห็นได้ว่า ถึงแม้จะมีได้มีความสัมพันธ์กับประเภทคำใด แต่ข้อสังเกตค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการใช้คำกับบุคลิกภาพนี้เป็นเชิงลบทั้งหมด และบุคลิกภาพแบบมีจิตสำนึกมิได้มีความสัมพันธ์กับการใช้คำ ไม่ว่าจะ เป็นประเภทคำใด ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lee et al. (2550) อาจเป็นเพราะว่าลักษณะของบุคคลที่มีบุคลิกภาพนี้จะมีความสุขรอบคอบ จึงมีการไตร่ตรองก่อนที่จะพูดคุยสื่อสาร จึงทำให้มีการใช้คำพูดที่น้อย แต่มีค่าสหสัมพันธ์เป็นเชิงลบกับ Adverb และ Post-Verb Auxiliary ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Tadesse et al. (2018) ผลของการวิจัยในครั้งนี้ที่พบว่าบุคลิกภาพแบบห้วนใจและบุคลิกภาพแบบมีจิตสำนึกมิได้มีความสัมพันธ์กับประเภทของคำใดๆนั้น ควรได้รับการศึกษาทบทวนเพิ่มเติม จากกลุ่มตัวอย่างที่มากขึ้นเพื่อให้ได้ข้อมูลเพียงพอมายืนยันผลการวิจัยนี้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Adi GYNN, Tandio MH, Ong V, Suhartono D. (2018). *Optimization for automatic personality recognition on Twitter in Bahasa Indonesia*. Procedia Comp Sci.
- Allport, G. W. (1961). *Pattern and growth in personality*. England:Holt.
- Bootzin, R.R., Bower, G.H., Crocker, J., & Hall, E. (1991). *Psychology today: An Introduction (7th ed.)*. New York: Von Hoffmann Press, Inc.
- Chang H. Lee, Kyungil Kim, Young Seok Seo, and Cindy K. Chung. (2550). *The Relations Between Personality and Language Use*. The Journal of General Psychology, 2007, 134(4), 405–413.
- Costa,P.T.,and McCrae,R.R. (1992). *Revised NEO Personality Inventory (NEO-PI-R) and NEO Five-Factor Inventory (NEO-FFI) professional manual*. Odessa, FL:Psychological Assessment Resource.
- Firoj Alam, Evgeny A. Stepanov, and Giuseppe Riccardi. (2013,July) *Personality Traits Recognition on Social*

- Network – Facebook. Workshop on Computational Personality Recognition.
- Howlader P, Pal KK, Cuzzocrea A, Kumar SDM. (2018). *Predicting facebook-users' personality based on status and linguistic features via flexible regression analysis techniques*. Proc ACM Symposium Appl Comput. 2018.
- Jeremy NH, Prasetyo C, Suhartono D. (2019) *Identifying personality traits for Indonesian user from twitter dataset*. Int J Fuzzy Logic Intell Syst.
- Kagan Kircaburun, Saleem Alhabash, Şule Betül Tosuntaş, and Mark D. Griffiths. (2018, 15 May) *Uses and Gratifications of Problematic Social Media Use Among University Students: A Simultaneous Examination of the Big Five of Personality Traits, Social Media Platforms, and Social Media Use Motives*. Int J Ment Health Addiction (2020).
- Tadesse MM, Lin H, Xu B, Yang L. (2018). *Personality predictions based on user behavior on the Facebook social media platform*. IEEE Access. 2018.
- Zimbardo, P. G., Johnson, R.L., & McCann, V. (2009). *Psychology: Core Concepts (6th ed.)*. Boston: Pearson Education, Inc.
- กฤติกา หล่อวัฒนวงศ์ (2547). *การศึกษาเปรียบเทียบบุคลิกภาพตามแนวคิดห้าองค์ประกอบ เซวน์อารมณ์ตามแนวคิด โกลแมนและความพึงพอใจในลักษณะงานของผู้ปฏิบัติงานฝ่ายขายของโรงแรมในกรุงเทพมหานคร*. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- กองวิศวกรรมการแพทย์. (2556). *คู่มือการจัดระบบวิศวกรรมการแพทย์ในโรงพยาบาลปี2556*. หน้า 236 <https://bit.ly/35un9kL>.
- เจริญใจ สีขาว. (2553). *เซวน์อารมณ์และบุคลิกภาพห้าองค์ประกอบที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการทำงานในทีมของพนักงาน บริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแห่งหนึ่ง*. (วิทยานิพนธ์ มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะสังคมศาสตร์, สาขาจิตวิทยาอุตสาหกรรม และองค์การ.
- โชติมา วัฒนะ. (2561). *เครือข่ายสังคมออนไลน์ : ประโยชน์และโทษ*. วารสารรังสิตสารสนเทศ สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยรังสิต ปีที่ 24, ฉบับที่ 1.
- ธีรพงษ์ พุ่มพฤษ. (2554). *การใช้ภาษาไทยสำหรับการจำแนกบุคลิกภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์ไทย* (วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ภริดา โกเชก. (2552). *การประกอบสร้างตัวตนบนเครือข่ายพื้นที่สาธารณะผ่านชุมชนออนไลน์*. วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม, ปีที่1, ฉบับที่1, หน้า49-54.
- ภัทธินิดา โสดาบัน. (2560). *การศึกษาลักษณะทางภาษา และรูปแบบของคำให้การจริงและคำให้การเท็จในภาษาไทย* (ปริญญาวิทยานิพนธ์ ปริญญาอักษรศาสตรดุษฎีบัณฑิต) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (Ed.) (2554) *ความหมาย การสื่อสาร*.
- วิจิตร อวาทกุล. (2549). *การพัฒนาบุคลิกภาพ*. กรุงเทพมหานคร: โอ.เอส.พรินต์ติ้ง เฮ้าส์.
- ศรีเรือน แก้วกังวาล. (2551). *ทฤษฎีจิตวิทยาบุคลิกภาพ รู้เขา-รู้เรา*. พิมพ์ครั้งที่ 15. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน.
- ศศิมา ตุ่มนิลกาล. (2561). *การนำเสนออัตลักษณ์บนเครือข่ายสังคมออนไลน์อินสตาแกรมของเจนเอเรชั่น: กรณีศึกษาความแตกต่างระหว่างเจนเอเรชั่นเอ็กซ์ เจนเอเรชั่นวาย และเจนเอเรชั่นแซด*. การค้นคว้าอิสระ (ศศ.ม.). มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

สุชาพันธ์ บุชบากร. (2566,1 กุมภาพันธ์). เปิดสถิติคนใช้อินเทอร์เน็ตเดือน ม.ค. 2566 ทั่วโลกแตะ 5.16 พันล้านคน. Post Today. <https://www.posttoday.com/business/690232>.

สุพัตรา สุขาวท และสุวรรณา อรุณพงศ์ไพศาล. (2560). ปัจจัยเสี่ยงและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการฆ่าตัวตายในวัยรุ่น : การทบทวนวรรณกรรมเชิงลึก. วารสารสมาคมจิตแพทย์แห่งประเทศไทย 2560, ปีที่ 62, หน้า359-378.

หลุย จำปาเทศ.(2542). จิตวิทยาสัมพันธ์ (พิมพ์ครั้งที่4). กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



Session
วิทยาศาสตร์สุขภาพ

พฤติกรรมกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในพื้นที่ ตำบลนาพรุ อำเภอพระพรหม
จังหวัดนครศรีธรรมราช

อัญมัย ฉันทวี^{1*}, ชญาภัทร พันธงาม², อุไร ชนะกานต์³

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับพฤติกรรมกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในด้านการลดการเกิดขยะมูลฝอย ด้านการคัดแยกขยะมูลฝอย และด้านการนำกลับมาใช้ใหม่ อีกทั้งเพื่อเปรียบเทียบปัจจัยส่วนบุคคลกับระดับพฤติกรรมกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในพื้นที่ตำบลนาพรุ อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ ตัวแทนครัวเรือนในพื้นที่ตำบลนาพรุ อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 319 ครัวเรือน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือแบบสอบถาม ในส่วนของเทคนิคที่ใช้ทำการทดสอบสมมติฐานคือการทดสอบ t-test และการทดสอบ f-test ค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า t-test และค่า f-test ของกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่า ระดับพฤติกรรมกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการลดการเกิดขยะมูลฝอย ด้านการคัดแยกขยะมูลฝอย และด้านการนำกลับมาใช้ใหม่อยู่ในระดับปานกลาง และปัจจัยส่วนบุคคลที่ต่างกันมีพฤติกรรมลดการเกิดขยะมูลฝอย การคัดแยกขยะมูลฝอย และการนำกลับมาใช้ใหม่ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

คำสำคัญ : การจัดการขยะมูลฝอย, พฤติกรรม

¹ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา

¹ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา

¹ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา

¹ Bachelor of Public Health Program in Public Health Chalermkarnchana university

² Bachelor of Public Health Program in Public Health Chalermkarnchana university

³ Bachelor of Nursing Science Chalermkarnchana university

*Corresponding author: E-mail: Aon_sak06@hotmail.com

Solid Waste Management Behavior of People in Na P

Tunyamai Chantawee^{1*}, Chayapat Panngam², Urai Chanakarn³

Abstract

The purpose of this research was to study the level of waste management behavior of the people in terms of reducing waste generation. Garbage Separation and reuse Also, to compare personal factors with the level of solid waste management behavior of people in Na Phru Sub-district, Phra Phrom District, Nakhon Si Thammarat Province. The sample used in the study was representatives of households in Na Phru Sub-district, Phra Phrom District, Nakhon Si Thammarat Province totaling 319 households. The instrument used for data collection was a questionnaire, t-test and f-test. The statistics used in data analysis were frequency, percentage, mean, standard deviation, t-test and f-test of the sample. The results showed that the level of solid waste management behavior of the samples in 3 aspects, namely the reduction of solid waste generation; Garbage Separation and recycle was at moderate level, and different personal factors had behaviors to reduce waste generation solid waste sorting and recycling that were not significantly different ($p \geq 0.05$).

Keywords: Solid Waste Management, Behavior

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาขยะมูลฝอยของประเทศไทยได้ทวีความรุนแรงขึ้นอย่างรวดเร็วตามอัตราการเกิดของจำนวนประชากร การขยายตัวทางเศรษฐกิจ และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการอุปโภคบริโภคของประชาชน จากการศึกษาพบว่า ประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2561 ปริมาณ 27.93 ล้านตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.05 จาก พ.ศ. 2560 ที่มีปริมาณ 27.37 ล้านตัน ในขณะที่อัตราการเกิดขยะมูลฝอยต่อคนปริมาณ 1.15 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2560 ที่มีปริมาณ 1.13 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน นอกจากนี้พบว่าขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดอย่างไม่ถูกต้อง ในปี 2561 มีปริมาณ 7.32 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 26.21 ของปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนทั้งหมด ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.09 จาก พ.ศ. 2560 ที่มีปริมาณ 7.17 ล้านตัน ของปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมด[1] จังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นจังหวัดหนึ่งที่กำลังประสบปัญหาขยะมูลฝอย โดยพบว่าปริมาณขยะมูลฝอยที่เพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณมูลฝอย 395,945 ตัน และเพิ่มขึ้นเป็น 400,604 ตันในปี พ.ศ. 2558 และพบว่าเมืองครุฑปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) มีการให้บริการจัดเก็บขยะ มีจำนวน 184 แห่ง ในจำนวนนี้มีเพียง 34 แห่ง ที่มีสถานที่กำจัดขยะ และมีเพียง 7 แห่งที่มีสถานที่กำจัดขยะอย่างถูกหลักสุขาภิบาล [2]

ขยะมูลฝอยก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่าง ๆ ตามมา เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ มลพิษทางดิน มลพิษทางกลิ่น นอกจากนี้ปัญหาขยะมูลฝอยที่มีปริมาณมากขึ้นจนไม่สามารถกำจัดได้หมดจนกลายเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในเขตชุมชนที่มีจำนวนประชากรหนาแน่นทำให้เกิดความสกปรก ไม่เรียบร้อย เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคเกิดน้ำเสียที่ออกจากกองขยะมูลฝอยซึ่งมีความสกปรก มีสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ เชื้อโรคและสารพิษอื่น ๆ เจือปนอยู่สูงมาก อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน อาจเกิดความเสียหายอันตรายจากโรคต่าง ๆ ตามมา เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ โรคท้องร่วง เป็นต้น [3] การกำจัดขยะให้ได้ผลดีและเกิดประโยชน์สูงสุดนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคัดแยกขยะมูลฝอย ก่อนที่จะนำไปกำจัดขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งวิธีการคัดแยกขยะมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพที่สุด คือ การคัดแยกจากแหล่งกำเนิดของขยะ สามารถทำได้ง่าย ค่าใช้จ่ายน้อย เพียงแต่ละบ้านจัดการภาชนะรองรับขยะแยกกันไว้แต่ละส่วน ซึ่งนอกจากจะเป็นการกำจัดขยะโดยตรงแล้วยังเป็นการฝึกฝนหรือเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมมารทิ้งขยะของประชาชนที่ดีขึ้นได้ [4]

ตำบลนาพู่ อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช ก็เป็นอีกตำบลหนึ่งที่มีปัญหาทางค่านขยะ โดยพบว่าการขยายตัวของชุมชนและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจก่อให้เกิดปัญหาขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมด 1,585.00 ตัน/ปี ขยะทั่วไปจำนวน 187.20 ตัน/ปี ขยะอินทรีย์จำนวน 760.80 ตัน/ปี ขยะรีไซเคิล 634.00 ตัน/ปี ขยะอันตรายจำนวน 2.00 ตัน/ปี และขยะอิเล็กทรอนิกส์ 1.00 ตัน/ปี จึงทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม จำเป็นต้องได้รับการจัดการที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิดปัญหามากยิ่งขึ้น [5] จากปัญหาขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่ศึกษาพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในพื้นที่ตำบลนาพู่ อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมุ่งเน้นที่จะศึกษาการลดการเกิดขยะมูลฝอย การคัดแยกขยะมูลฝอย และการนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นการส่งเสริมและพัฒนา ให้ประชาชนมีพฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอยที่ดี เป็นแนวทางหนึ่งที่จะลดปริมาณขยะได้ในอนาคต ดังนั้นจึงทำให้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเพื่อระดับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในพื้นที่ตำบลนาพู่ อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช และเพื่อเปรียบเทียบระดับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในพื้นที่ตำบลนาพู่ อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช

วิธีการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากประชาชน ในพื้นที่ตำบลนาพรุ อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้วิธีแบบสอบถามมีขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ผู้วิจัยติดต่อประสานงานกับเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อต้องการทราบจำนวนของประชาชนในพื้นที่ตำบลนาพรุ อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช
2. ผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยและขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลกับประชาชนในพื้นที่ตำบลนาพรุ อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช
3. ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามจากประชาชนมีพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่ตำบลนาพรุ อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ประชากรในพื้นที่ตำบลนาพรุ อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 1,870 ครัวเรือน
- กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ตัวแทนครัวเรือนในพื้นที่ตำบลนาพรุ อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 319 ครัวเรือน

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ การคำนวณหากลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตร Krejcie and Morgan

$$\text{สูตร } n = \frac{x^2 Np(1-p)}{e^2 (N-1) + x^2 p(1-p)}$$

เมื่อ	n	=	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
	N	=	ขนาดของประชากร
	e	=	ระดับความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้
	x^2	=	ค่าไคสแควร์ที่ df เท่ากับ 1 และระดับความเชื่อมั่น 95% ($x^2=3.841$)
	p	=	สัดส่วนของลักษณะที่สนใจในประชากร (ถ้าไม่ทราบให้กำหนด $p = 0.5$)

การสร้างเครื่องมือ

แบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ได้ปรับปรุงแบบสอบถามวิจัยเรื่องพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลตำบลด่าน อำเภอรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว [4] ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคล จำนวน 8 ข้อ
โดยแบบสอบถามข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพระดับการศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน จำนวนสมาชิกในครอบครัว และการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการกำจัดขยะมูลฝอย ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ(Check - list)
- ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอย จำนวน 17 ข้อ

โดยแบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยโดยเป็นคำถามที่ใช้แบบ Rating Scale ด้วยเทคนิคการ จัดระดับแบบ Likert's Scale มี 17 ข้อให้เลือกตอบ เพื่อประเมินระดับความสำคัญที่มีผลต่อการเลือก 4 ระดับ ซึ่งมีรายละเอียดของการให้คะแนน ดังนี้

ระดับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยดี	ให้	3	คะแนน
ระดับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยปานกลาง	ให้	2	คะแนน
ระดับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยน้อย	ให้	1	คะแนน
ระดับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยน้อยที่สุด	ให้	0	คะแนน

การวัดระดับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชน ใช้เกณฑ์การพิจารณาตามเกณฑ์ของเบสต์ (Best, 1997) ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad \text{อันตรภาคชั้น} &= \frac{\text{คะแนนมากที่สุด} - \text{คะแนนน้อยที่สุด}}{\text{จำนวนระดับ}} \\ \text{แทนค่าในสูตร} \quad \text{อันตรภาคชั้น} &= \frac{3-0}{4} = 0.75 \end{aligned}$$

ซึ่งสามารถแปลคะแนนด้านพฤติกรรมได้ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	2.26 -3.00	ประชาชนมีระดับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยอยู่ในระดับดี
คะแนนเฉลี่ย	1.51 - 2.25	ประชาชนมีระดับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยอยู่ในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	0.76 - 1.50	ประชาชนมีระดับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยอยู่ในระดับน้อย
คะแนนเฉลี่ย	0.00 - 0.75	ประชาชนมีระดับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยอยู่ในระดับน้อยที่สุด

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content Validity) ตรวจสอบโดยนำแบบสอบถามที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ประจำคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา 2 ท่าน และนักวิชาการสาธารณสุข ประจำโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านพระพรหม ตำบลนาพรุ อำเภพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช 1 ท่าน ช่วยตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาในแบบสอบถาม พิจารณาว่าข้อคำถามแต่ละข้อวัดได้ตรงตามสิ่งที่ต้องการวัดเนื้อหา หรือวัดดูประสงค์การเรียนรู้มากน้อยเพียงใด ทำการหาค่าความเที่ยงตรง โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ให้คะแนน +1	หมายถึง	แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์เนื้อหานั้น
ให้คะแนน 0	หมายถึง	ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์/เนื้อหานั้น
ให้คะแนน -1	หมายถึง	แน่ใจว่าข้อสอบไม่วัดจุดประสงค์/เนื้อหานั้น

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อ กับจุดประสงค์หรือเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence หรือ IOC) ซึ่ง จะเลือกค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.62 - 1.00

ผู้วิจัยตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา โดยนำมาคำนวณค่าดัชนีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบสอบถามทั้ง 3 ชุด (Index of item object: 100) ได้ค่า IOC เท่ากับ 1.00 หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะทั้งหมดมาปรับปรุงแก้ไขและตรวจสอบข้อคำถามกับผู้ทรงคุณวุฒิอีกครั้ง เพื่อให้มีความสมบูรณ์ชัดเจนก่อนนำไปทดลองใช้

จริยธรรมในการวิจัย

การศึกษานี้มีการทดลองหรือใช้วิธีทางใด ๆ ให้กับกลุ่มที่ทำการศึกษาคือข้อมูล ซึ่งคาดว่าจะมีผลต่อประชากรในเขตพื้นที่พื้นที่ตำบลนาพรุ อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช จึงได้มีการดำเนินการขอไปรับรองจริยธรรมวิจัยในมนุษย์แล้ว (เลขที่การรับรอง ๐๓๘/๒๕๖๕)

ผลการวิจัย

ผลการศึกษา เรื่องระดับพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในพื้นที่ตำบลนาพรุ อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 3 ด้าน พบว่า

(1) ด้านการลดการเกิดขยะมูลฝอย

ประชาชนมีพฤติกรรมลดการเกิดขยะมูลฝอยในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 1.78 \pm 1.00$) โดยพบว่าพฤติกรรมลดการเกิดขยะมูลฝอยในกรณีที่ท่านให้คำแนะนำแก่เพื่อนบ้านเพื่อให้ช่วยกันลดขยะมูลฝอย อยู่ในระดับน้อย ($\bar{X} = 1.36 \pm 0.94$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าในกรณีที่ท่านให้คำแนะนำแก่เพื่อนบ้านให้ช่วยกันลดขยะมูลฝอย อยู่ในระดับน้อย โดยมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 2.26 \pm 1.11$)

(2) ด้านการคัดแยกขยะมูลฝอย

ประชาชนมีพฤติกรรมคัดแยกขยะอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 1.57 \pm 0.97$) โดยพบว่าพฤติกรรมคัดแยกขยะมูลฝอย ในกรณีการคัดแยกประเภทหลอดไฟนีออน และกระป๋องสเปรย์ก่อนทิ้งลงถังขยะ นั้น ประชาชนมีพฤติกรรมคัดแยกขยะอยู่ในระดับที่น้อย ($\bar{X} = 1.50 \pm 0.91$)

(3) ด้านการนำกลับมาใช้ใหม่

ประชาชนมีพฤติกรรมนำกลับมาใช้ใหม่ อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 1.85 \pm 0.99$) โดยพบว่าพฤติกรรมนำกลับมาใช้ใหม่ของประชาชนในกรณีขยะประเภทขวดพลาสติกหรือขวดแก้วท่านนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้อีก มีพฤติกรรมนำกลับมาใช้ใหม่อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 1.64 \pm 0.96$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าขยะประเภทขวดพลาสติกหรือขวดแก้ว กรณีท่านนำกลับมาใช้ใหม่ได้ อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X} = 3.30, S. D. = 1.09$)

ผลการเปรียบเทียบระดับพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยจากการเปรียบเทียบปัจจัยส่วนบุคคล

จากการเปรียบเทียบระดับพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยจากการเปรียบเทียบปัจจัยส่วนบุคคลได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน จำนวนสมาชิกในครัวเรือน และการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการกำจัดขยะมูลฝอยในพื้นที่ตำบลนาพรุ อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอย แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

(1) ด้านการลดการเกิดขยะมูลฝอย พบว่าปัจจัยส่วนบุคคลที่ต่างกัน มีพฤติกรรมลดการเกิดขยะที่ไม่แตกต่างกัน

(2) ด้านการคัดแยกขยะ พบว่าปัจจัยส่วนบุคคลที่ต่างกัน มีพฤติกรรมคัดแยกขยะที่ไม่แตกต่างกัน และรายได้เฉลี่ยครอบครัว และการมีที่พักอาศัยของครอบครัวที่ต่างกัน มีพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ในทางกลับกัน ยังมีปัจจัยส่วนบุคคล อันได้แก่ อาชีพ รายได้หลักของครอบครัวและจำนวนสมาชิกในครอบครัวที่ต่างกัน มีพฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอยแตกต่างกัน

(3) ด้านการนำกลับมาใช้ใหม่ พบว่าปัจจัยส่วนบุคคลที่ต่างกัน มีพฤติกรรมนำกลับมาใช้ใหม่ที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่ง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเรื่องระดับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในพื้นที่ตำบลนาพรุ อำเภอมะนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 3 ด้าน พบว่า ผลการศึกษาด้านการลดการเกิดขยะมูลฝอยสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐวิสุทช่วย [4] ที่ได้ทำการศึกษาเรื่องพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในเขตเทศบาลตำบลด่าน อำเภอรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ซึ่งประชาชนมีพฤติกรรมลดการเกิดขยะมูลฝอย อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.78 \pm 1.01$)

ด้านการคัดแยกขยะมูลฝอยสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุชาติ ภัยหลีก [6] ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง พฤติกรรมและความรู้ในการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในเขตเทศบาลตำบลนากลาง อำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู ซึ่งพบว่าประชาชนมีพฤติกรรมคัดแยกขยะอันตรายน้อยที่สุด โดยคิดเป็นร้อยละ 22.30-57.20

ด้านการนำกลับมาใช้ใหม่ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเฉลิมชาติ แสไพศาล [7] ที่ได้ทำการศึกษาเรื่องพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยในชุมชนเทศบาลตำบลแฉะ อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครราชสีมา พบว่าประชาชนที่มีพฤติกรรมนำกลับมาใช้ใหม่ อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X} = 3.59, S. D. = 0.56$)

และจากผลการเปรียบเทียบระดับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยจากการเปรียบเทียบปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า ด้านการลดการเกิดขยะมูลฝอยนั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของฤชดา เทพยากุล [8] ที่ได้ทำการศึกษาเรื่องพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยของครัวเรือนในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลตาเนาะแมเราะ อำเภอบดง จังหวัดยะลา พบว่า พฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยกับปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ ลักษณะที่อยู่อาศัย ระดับการศึกษาสูงสุดของสมาชิกในครอบครัว รายได้รวมของครอบครัวต่อเดือน และสมาชิกในครอบครัวที่ต่างกัน มีพฤติกรรมด้านการลดการเกิดขยะมูลฝอยไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่ในทางตรงกันข้ามกัน งานวิจัยของวิภาเพ็ญ เจียสกุล [9] ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง พฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในเขตพื้นที่ชั้นกลางของกรุงเทพมหานคร กลับพบว่าประชาชนที่มีระดับการศึกษาสูง มีรายได้สูง มีที่อยู่อาศัยแบบบ้านเดี่ยว มีอาชีพราชการ มีการรับรู้สถานการณ์ปัญหาขยะมูลฝอยระดับมากจะมีพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยดีกว่าประชาชนที่มีการศึกษาระดับต่ำ มีรายได้ต่ำกว่า มีที่อยู่อาศัยแบบอื่น มีอาชีพอื่น และมีการรับรู้สถานการณ์ขยะมูลฝอยน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.01

ด้านการคัดแยกขยะ สอดคล้องกับงานวิจัย เฉลิมชาติ แสไพศาล [7] ที่ได้ทำการศึกษาเรื่องการศึกษาพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยในชุมชนเทศบาลตำบลแฉะ อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครราชสีมา พบว่าพฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอยกับปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส สถานภาพครอบครัว

และด้านการนำกลับมาใช้ใหม่นั้น สอดคล้องกับงานวิจัย นัยยา จันทร์จารู [10] ที่ได้ทำการศึกษาเรื่องพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในเขตเทศบาลตำบลเขตอุดมศักดิ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี พบว่าพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนกับปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ เพศ ระดับการศึกษา ระยะเวลาที่อยู่อาศัยรายได้ในครอบครัวต่อเดือน จำนวนสมาชิกในครอบครัว และการได้รับข้อมูลข่าวสารที่ต่างกัน มีพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยที่ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในทางกลับกันยังพบปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อาชีพ ลักษณะที่อยู่อาศัยต่างกันมีพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยที่แตกต่างกัน

อ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ. (2019). **ข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยของเทศบาลและองค์การบริหารส่วนตำบล**. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- [2] สำนักงานสถิติจังหวัดนครศรีธรรมราช. (2559). **การเพิ่มขึ้นของปริมาณของขยะมูลฝอย**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://onep.go.th> [2563, 10 พฤศจิกายน].
- [3] สุภาวดี น้อยน้ำใส และกิตติศักดิ์ พุฒิม. (2560). **พฤติกรรมกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชน ในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก**. การประชุมสัมมนาวิชาการ นำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17.
- [4] ณัฐวดี สุขช่วย. (2558). **พฤติกรรมกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชน ในเขตตำบลบ้านด่าน อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว**. วิทยานิพนธ์ปริญญารัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต. สาขานโยบายสาธารณะ วิทยาลัยการบริหารรัฐกิจ, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [5] องค์การบริหารส่วนตำบลนาพรุ. (2016). **ปริมาณขยะมูลฝอยในพื้นที่ตำบลนาพรุ อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช**. แหล่งที่มา: <https://thaimsw.pcd.go.th> [2563, 20 ธันวาคม].
- [6] สุชาดา ภัยเหล็ก. (2557). **ศึกษาพฤติกรรมกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนตำบลนากลาง อำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู**. วารสารการพัฒนาสุขภาพชุมชน มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2(3) : 263-271.
- [7] เฉลิมชาติ แสไพศาล. (2556). **พฤติกรรมกรรมการจัดการขยะมูลฝอยในชุมชน: กรณีศึกษาเทศบาลตำบลชะ อำเภอบรรพือ จังหวัดนครราชสีมา**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [8] ฤชชุดา เทพยากุล. (2012). **พฤติกรรมกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของครัวเรือนในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลตาเนาะแมเราะ อำเภอเบตง จังหวัดยะลา**. สงขลา: มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.
- [9] วิภาเพ็ญ เจียสกุล. (2556). **พฤติกรรมกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในเขตพื้นที่ชั้นกลาง กรุงเทพมหานคร**. ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาสิ่งแวดล้อมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- [10] นัยนา จันทร์จารุ. (2557). **พฤติกรรมกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในเขตเทศบาลตำบลเขตรุดมศักดิ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ส่วนกับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่ง
อินซูลิน ในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง

ตำบลช้างซ้าย อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช

ธนิดา สถิตอุตสาหกรรม^{1*}, กุลินทร คำแน่น²

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานกับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน จำนวน 137 คน

ผลจากการศึกษา พบว่า เพศ ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 74.5 อายุอยู่ในช่วงอายุ 60 ปี ขึ้นไป ร้อยละ 73.0 อาชีพค้าขาย ร้อยละ 44.5 การศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 65.0 รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 9,000-15,000 บาท ร้อยละ 51.1 ค่าดัชนีมวลกายเกินเกณฑ์ ร้อยละ 87.6 ความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานของผู้ป่วยอยู่ในระดับดี พฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยอยู่ในระดับปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

คำสำคัญ: พฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด, ผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน, ความสัมพันธ์

¹ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา

² คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา

¹ Bachelor of Nursing Science Chalermkarnchana university

² Bachelor of Public Health Program in Public Health Chalermkarnchana university

* Corresponding author : Email: Satitutsahakorn@gmail.com

Factors Related to Blood Sugar Level Control Behavior of Non-Insulin Dependent Diabetic Patients in The Area of Responsibility of The Health Promoting Hospital at Banthachang, Changsal Sub-District Phraphrom District, Nakhonsithammarat Province

Thanida Satitutsahkornt^{1*}, Kulinthorn khamnan²

Abstract

This research is a regulatory survey research to study the relationship between personal factors and the level control system required for non-insulin dependent diabetes mellitus. and to study the relationship between origins with a level control system that will help non-insulin-dependent diabetes Non-insulin dependent diabetic patients. There were 137 people.

The results of the study showed that most genders were female, 74.5%, aged 60 years and over, 73.0%, trade occupation, 44.5%, elementary school education, 65.0%, average monthly income 9,000- 15,000 baht, 51.1 percent, 87.6 percent body mass index exceeded the criteria, knowledge about diabetes patients was at a good level. The patient's blood glucose control behavior was moderate. Statistically significant ($p < 0.05$)

Keywords: sugar level control behavior, non-insulin dependent diabetic patients, relationships

บทนำ

ปัจจุบันโรคเบาหวานเป็นโรคเรื้อรังที่เป็นปัญหาสำคัญทางด้านสาธารณสุขของโลก เป็นภัยคุกคามที่คุกคามอย่างรวดเร็วไปทั่วโลก ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจอย่างมาก โรคเบาหวานเป็นโรคที่เกิดจากการขาดฮอร์โมนอินซูลินหรือการดื้อต่อฮอร์โมนอินซูลิน [1] และเป็นภาวะที่ร่างกายมีน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติซึ่งพบว่าร้อยละ 90 ของผู้ป่วยโรคเบาหวาน จะเป็นผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ร่างกายผลิตอินซูลินไม่เพียงพอ จากการรายงานพบว่าในปี พ.ศ. 2558 มีโรคเบาหวานทั่วโลกจำนวน 415 ล้านคน และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 642 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2583 ในปัจจุบันประชากรวัยผู้ใหญ่ 1 ใน 11 คนป่วยเป็นโรคเบาหวานมีผู้เสียชีวิตจากโรคเบาหวานจำนวน 5 ล้านคน และมีเพียงร้อยละ 10 ของผู้ป่วยเบาหวานที่มีชีวิตอยู่โดยไม่มีภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ทำให้ปัจจุบันความชุกของโรคเบาหวานทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สำหรับประเทศไทยผู้ป่วยโรคเบาหวานในประชากรอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 6.9 ในปี พ.ศ. 2552 เป็นร้อยละ 8.9 ในปี พ.ศ. 2557 [2]

สถานการณ์โรคเบาหวานในจังหวัดนครศรีธรรมราชในปี พ.ศ. 2560 และ 2561 มีอัตราความชุกด้วยโรคเบาหวานต่อประชากรแสนคนเท่ากับ 3,339.60 และ 3,985.50 ตามลำดับ พบว่า มีอัตราความชุกของโรคเบาหวานในจังหวัดนครศรีธรรมราชเพิ่มขึ้น [3] และจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง ตำบลช้างซ้าย อำเภोधพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ปัญหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ตั้งแต่ในปี พ.ศ. 2559-2561 มีอัตราความชุกของผู้ป่วยโรคเบาหวานต่อประชากรแสนคนในเขตพื้นที่รับผิดชอบเท่ากับ 2,832.76, 3,144.17 และ 3,190.18 ตามลำดับ ผู้ป่วยเบาหวานส่วนใหญ่มีพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ ส่งผลให้เกิดภาวะแทรกซ้อน เช่น ภาวะแทรกซ้อนเรื้อรังที่เส้นประสาท [4] ภาวะแทรกซ้อนที่หลอดเลือดขนาดใหญ่โรคหลอดเลือดส่วนปลายอุดตัน ซึ่งเป็นปัจจัยส่งเสริมให้เกิดแผลที่เท้าในผู้เป็นเบาหวาน เป็นต้น [5]

จากที่กล่าวข้างต้นทำให้คณะผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญของพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ป่วยเบาหวานสามารถลดภาวะแทรกซ้อนในระยะยาวได้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลินในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง ตำบลช้างซ้าย อำเภोधพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยทำการศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล ความรู้ในเรื่องโรคเบาหวาน และพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน

วิธีการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ คือ แบบสอบถามปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลินในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง ตำบลช้างซ้าย อำเภोधพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วย เพศ อายุ อาชีพ ระดับการศึกษา รายได้ ดัชนีมวลกาย (BMI) จำนวน 6 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความรู้ในเรื่องโรคเบาหวานเป็นข้อความเกี่ยวกับความรู้เรื่องโรคเบาหวาน จำนวน 15 ข้อ ซึ่งปรับปรุงมาจากงานวิจัยของ การศึกษาเรื่องการรับรู้และพฤติกรรมดูแลสุขภาพของผู้ป่วยเบาหวาน

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด จำนวน 15 ข้อ ซึ่งปรับปรุงมาจากงานวิจัยของ ศึกษาเรื่องการดูแลสุขภาพของผู้ป่วยเบาหวาน

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีขั้นตอนดังนี้

1. การตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา (Content Validity) โดยการตรวจสอบในด้านความตรงตามเนื้อ (Content Validity) ความตรงในด้านโครงสร้าง (Content Validity รูปแบบของแบบสอบถาม (Format) ความเหมาะสมด้านภาษา (Wording) ความสมบูรณ์ของคำชี้แจง [6] และความเหมาะสมของการใช้เวลาในการตอบแบบสอบถาม โดยใช้การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามหาดัชนีความเที่ยงตรงด้วยการหาค่า IOC (Index of item objective congruence) โดยผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ จำนวน 3 ท่านนำไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์โดยข้อคำถาม ดังนี้

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่า ข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน -1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ หาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์หรือเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence หรือ IOC) ซึ่งได้ค่า IOC เท่ากับ 0.67

2. การตรวจความเที่ยงตรง (Reliability) โดยนำแบบสอบถามที่ได้ตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหาแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มผู้ป่วยโรคเบาหวาน จำนวน 30 คน ซึ่งใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลินในหมู่บ้าน นอกเหนือเขตรับผิดชอบในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง ตำบลช้างซ้าย อำเภอยะพราง จังหวัดนครศรีธรรมราช แล้วนำข้อมูลจากการทดสอบมาวิเคราะห์ ความเชื่อมั่นตามวิธีการของ (Cronbach, 1970) ค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดสอบเท่ากับ 0.7 นำผลการวิเคราะห์มาปรับปรุงแบบสอบถามขั้นสุดท้ายเพื่อตรวจสอบจนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ก่อนนำไปรวบรวมข้อมูลจริง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. คณะผู้วิจัยได้รายงานตัวกับผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลท่าช้าง ตำบลช้างซ้าย อำเภอยะพราง จังหวัดนครศรีธรรมราช ผู้นำและอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน เพื่อแจ้งวัตถุประสงค์ในการวิจัย และเพื่อขออนุญาตเก็บข้อมูล รวมทั้งทำหนังสือขอความร่วมมือในการรวบรวมข้อมูล

2. คณะผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลแบบสอบถามจากผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ในวันที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง ตำบลช้างซ้าย อำเภอยะพราง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีคลินิกผู้ป่วยเรื้อรัง จนครบตามจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 137 คน โดยอธิบายวัตถุประสงค์ของการวิจัยและวิธีการตอบแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่างทราบก่อนที่จะตอบแบบสอบถาม หลังจากนั้นคณะผู้วิจัยจะตรวจสอบความถูกต้องและสมบูรณ์ของแบบสอบถามก่อนทำการเก็บรวบรวมแบบสอบถามทุกชุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล ความรู้ในเรื่องโรคเบาหวาน และพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การแจกแจงความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เพื่ออธิบายลักษณะการกระจายของข้อมูลและลักษณะพื้นฐานของกลุ่มประชาชน

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ในเขตพื้นที่รับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง ตำบลช้างซ้าย อำเภอยะพราง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความสัมพันธ์ไคสแควร์ (X^2)

3. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานและพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลินในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง ตำบลช้างซ้าย อำเภอยะพราง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความสัมพันธ์ไคสแควร์ (X^2)

ระเบียบวิธีวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นโรคเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน และมารับยาในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง ตำบลช้างซ้าย อำเภอยะพราง จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 212 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นโรคเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน และมารับยาในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง อำเภอยะพราง จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 137 คน ซึ่งได้จากการคำนวณ ดังนี้

การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample size)

ในการวิจัยครั้งนี้ได้คำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้เครซี-มอร์แกน (Krejcie & Morgan)

$$n = \frac{X^2 N p (1-p)}{e^2 (N-1) + X^2 p (1-p)}$$

n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N = ขนาดของประชากร

e = ระดับความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้ (0.05)

X² = ค่าไคสแควร์ที่ df เท่ากับ 1 และความเชื่อมั่น 95% (X² = 3.841)

P = สัดส่วนของลักษณะที่สนใจในประชากร (ถ้าไม่ทราบให้กำหนด P = 0.5)

แทนค่าในสูตร

$$n = \frac{(3.841)(212)(0.5)(1-0.5)}{(0.05)^2(212-1)+(3.841)^2(0.5)(1-0.5)}$$
$$n = \frac{203.573}{(0.5275)+(0.96025)}$$
$$n = 136.8328$$
$$n = 137$$

การสุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) ตามจำนวนของกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้ ผู้วิจัยเลือกเก็บแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ไม่พึ่งอินซูลิน ที่อยู่ในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง ตำบลช้างซ้าย อำเภอยะพราง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง ในวันที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง นัดผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลินจนครบตามจำนวนของกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้ข้างต้น

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้างซ้าย อำเภอยะพราง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในครั้งนี้ได้รับความร่วมมือ และความสนใจเป็นอย่างดี จากการวิเคราะห์และสรุปผลวิจัย เรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการ

ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล บ้านท่าช้างซ้าย อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้างซ้าย อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ การศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ค่าดัชนีมวลกาย

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของปัจจัยส่วนบุคคล

(n=137)

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	35.00	25.50
หญิง	102.00	74.50
รวม	137.00	100.00
2. อายุ		
40-49 ปี	1.00	7.00
50-59 ปี	36.00	26.30
60 ปี	100.00	73.00
รวม	137.00	100.00
3. อาชีพ		
เกษตรกร	33.00	24.10
ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	61.00	44.50
รับจ้างทั่วไป	43.00	31.40
รวม	137.00	100.00
4. การศึกษา		
ไม่ได้เรียน	18.00	13.10
ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า	89.00	65.00
มัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า	30.00	21.90
รวม	137.00	100.00
5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน		
5000-9000	4.00	2.90
9001-15000	70.00	51.10
15001-20000	63.00	46.00
รวม	137.00	100.00
6. ดัชนีมวลกาย		
ดัชนีมวลกายต่ำกว่าเกณฑ์	8.00	5.80
ดัชนีมวลกายตามเกณฑ์	9.00	6.60

ดัชนีมวลกายเกินเกณฑ์	120.00	87.60
รวม	137.00	100.00

จากตารางที่ 1 ผลการศึกษาปัจจัยส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 137 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 102 คน คิดเป็นร้อยละ 74.5 รองลงมาคือเพศชาย จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 25.5 และอายุ พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 100 คน คิดเป็นร้อยละ 73 อาชีพ พบว่า ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว 61 คน คิดเป็นร้อยละ 44.5 ระดับการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า จำนวน 89 คน คิดเป็นร้อยละ 65 รายได้เฉลี่ยต่อเดือน พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีรายได้ 9,000-15,000 บาท จำนวน 70 คน คิดเป็นร้อยละ 51.1 ดัชนีมวลกาย พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีดัชนีมวลกายเกินเกณฑ์ จำนวน 120 คน คิดเป็นร้อยละ 87.6

ผลการวิเคราะห์ระดับความรู้ที่เกี่ยวกับการเกิดโรคเบาหวานของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้างซ้าย อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช

ตารางที่ 2 แสดงจำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความรู้ที่เกี่ยวกับการเกิดโรคเบาหวานของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน

(n=137)

ความรู้เกี่ยวกับการเกิดโรคเบาหวาน	ประจำ	ไม่เลย	ค่าเฉลี่ย	S.D	ระดับความรู้
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)			
1. การรับประทานอาหารหวานที่มีน้ำตาลมากทำให้เกิดโรคเบาหวาน	137 (100)	0 (0)	1.00	0.00	มาก
2. อาการของโรคเบาหวาน ได้แก่ อ่อนเพลีย หิวบ่อย และน้ำหนักลดลง	135 (98.5)	2 (1.5)	0.99	0.10	มาก
3. โรคเบาหวานสามารถรักษาให้หายขาดได้	132 (96.4)	5 (3.6)	0.16	0.16	มาก
4. อาการใจสั่น มือสั่น เหงื่อออก เป็นการแสดงเมื่อมีระดับน้ำตาลในเลือดสูง	132 (96.4)	5 (3.6)	0.96	0.16	มาก
5. ผู้ป่วยเบาหวานเจาะน้ำตาลหลังในเลือดหลังหาร 2 ชั่วโมง ได้สูงกว่า 180 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร แสดงว่าน้ำตาลในเลือดสูงเกินไป	133 (97.1)	4 (2.9)	0.97	0.14	มาก

6. หากควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ จะทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนเรื้อรังต่างๆ ได้แก่ ไตวายเรื้อรังกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด อัมพาต ชาปลายเท้า และเบาหวานขึ้นตา	128 (93.4)	9 (6.6)	0.93	0.21	มาก
7. ผู้ป่วยเบาหวานเลือกกินอาหารได้หลากหลายมากขึ้น และกินในปริมาณที่ไม่จำกัด	121 (88.3)	16 (11.7)	0.88	0.21	มาก
8. ผู้ป่วยเบาหวานควรลดอาหารหรือกินข้าวเพียง 2-3 คำต่อมื้อ จะช่วยให้ควบคุมเบาหวานได้ดีขึ้น	123 (89.8)	14 (10.2)	0.9	0.9	มาก
9. ผู้ป่วยเบาหวานควรกินผักทุกวัน อย่างน้อยมื้อละ 1 ทัพพี โดยเน้นผักใบเขียวให้มาก เช่น ผักบุ้ง กะหล่ำปลี ส่วนผักหัว เช่น ฟักทอง แครอท จำกัดมื้อละ 1 ทัพพี	124 (90.5)	13 (9.5)	0.91	0.91	มาก
10. อาหารที่ผลระดับน้ำตาลในเลือดมากที่สุด คือ อาหารที่มีคาร์โบไฮเดรต	121 (88.3)	16 (11.7)	0.88	0.88	มาก
11. ผู้ป่วยเบาหวานสามารถกินผลไม้รสไม่หวานจัด เช่น ส้ม ฝรั่ง ชมพู่ และแก้วมังกร เป็นต้น ปริมาณเท่าใดก็ได้ โดยไม่ต้องจำกัดปริมาณ	122 (89.1)	15 (10.9)	0.8	0.27	มาก
12. ผู้ป่วยเบาหวานควรดูแลเท้าเป็นพิเศษ โดยการใส่รองเท้าพื้นนิ่ม พอดีเท้า เพื่อช่วยให้การไหลเวียนของเลือดบริเวณเท้าดี	126 (89.1)	15 (10.9)	0.92	0.23	มาก
13. ผู้ป่วยเบาหวานเจาะเลือดหลังอดอาหาร 8 ชั่วโมง ได้มากกว่า หรือเท่ากับ 100 มิลลิกรัม/เดซิลิตร แสดงว่าระดับน้ำตาลในเลือด	126 (92.0)	11 (8.0)	0.92	0.23	มาก

15. ถ้ามีอาการทำเียนในเวลา กลางคืนอาจใช้กระเป๋าไฟฟ้าหรือ น้ำร้อนวางบนเท้าได้	132 (96.4)	5 (3.6)	0.96	0.16	มาก
ความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานในภาพรวม			0.78	2.66	มาก

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษาระดับความรู้เกี่ยวกับการเกิดโรคเบาหวานของผู้ป่วย โรคเบาหวานในภาพรวม พบว่า อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ทุกข้ออยู่ในระดับดีทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ระดับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้างซ้าย อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช

ตารางที่ 3 แสดงจำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน

(n=137)

พฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด	ประจำ	บางครั้ง	ค่าเฉลี่ย	S.D	ระดับพฤติกรรม
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)			
1. ท่านอ่านฉลากยาก่อนรับประทานเพื่อให้แน่ใจว่าเป็นยาของท่าน	126 (92.0)	11 (8.0)	0.92	0.23	ปานกลาง
2. ท่านเคยลิ้มรับประทานยาที่ได้จากโรงพยาบาล	129 (94.2)	8 (5.8)	0.94	0.2	ปานกลาง
3. ท่านรับประทานยาของผู้อื่น เมื่อทราบว่าเป็นยาชนิดเดียวกัน	126 (92.0)	11 (8.0)	0.92	0.23	ปานกลาง
4. ท่านรับประทานยาเบาหวานก่อนอาหาร 30 นาที	129 (94.2)	8 (5.8)	0.94	0.2	ปานกลาง
5. ท่านชอบรับประทานอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ติดมัน เช่น หนังไก่ หมูติดมัน	130 (94.9)	7 (5.1)	0.95	0.19	ปานกลาง
6. ท่านรับประทานยาเบาหวานหลังอาหารโดยทันที	126 (94.2)	11 (8.0)	0.92	0.23	ปานกลาง
7. ท่านรับประทานปลา หรือเนื้อสัตว์ไม่ติดมัน	117 (85.4)	19 (13.9)	0.93	0.73	ปานกลาง
8. ท่านรับประทานอาหารหวานจัดทุกมื้อ	124 (90.5)	13 (9.5)	0.91	0.25	ปานกลาง
9. ท่านรับประทานผักและผลไม้ เช่น กล้วย แก้ว มังกร เป็นต้น	122 (89.1)	15 (11.0)	10.9	0.89	ปานกลาง

10. ท่านเตรียมความพร้อมของร่างกาย ก่อนออกกำลังกาย และหลังการออกกำลังกาย	126 (92.0)	11 (8.0)	0.92	0.23	ปานกลาง
11. ท่านรับประทานอาหารมากกว่า 3 มื้อ	128 (93.4)	9 (6.6)	0.93	0.21	ปานกลาง
12. ท่านออกกำลังกายหลังจากรับประทานอาหารทันที	131 (95.6)	9 (4.4)	0.96	0.18	ปานกลาง
13. ท่านออกกำลังกายค่อยเป็นค่อยไปหักโหม	132 (96.4)	5 (3.6)	0.96	0.16	ปานกลาง
14. ท่านออกกำลังกายอย่างน้อยอาทิตย์ละครั้ง ครั้งละ 30 นาที	133 (97.1)	4 (2.9)	0.97	0.14	ปานกลาง
15. ท่านดื่มเครื่องดื่มชูกำลังก่อนหรือหลังออกกำลังกาย	124 (90.5)	13 (9.5)	0.91	0.25	ปานกลาง
พฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในภาพรวม			1.95	0.57	ปานกลาง

จากตารางที่ 3 ผลการศึกษาระดับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้างซ้าย อำเภอยะพราง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในภาพรวมพบว่า อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณารายชื่อ พบว่า ทุกข้ออยู่ในระดับปานกลางทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้างซ้าย อำเภอยะพราง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด

(n=137)

ปัจจัยส่วนบุคคล	พฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด		X ²	df	p-value*
	ผิด	ถูก			
1. เพศ			0.58	1.00	0.46
ชาย	20.00	15.00			
หญิง	90.00	12.00			
รวม	110.00	27.00			
2. อายุ			4.96	6.00	0.44
40-49 ปี	8.00	10.00			
50-59 ปี	10.00	30.00			
60 ปีขึ้นไป	9.00	70.00			
รวม	27.00	110.00			

3. อาชีพ		5.26	4.00	0.27
เกษตรกร	9.00	80.00		
ค้าขาย	10.00	15.00		
รับจ้างทั่วไป	10.00	13.00		
รวม	29.00	108.00		
4. ระดับการศึกษา		1.92	3.00	0.82
ไม่ได้เรียน	17.00	40.00		
ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า	10.00	50.00		
มัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า	10.00	10.00		
รวม	37.00	100.00		
5. รายได้		10.48	5.00	0.06
5000-9000 บาท	10.00	40.00		
9001-15000 บาท	17.00	50.00		
15001-20000 บาท	10.00	10.00		
รวม	37.00	100.00		
6. ดัชนีมวลกาย		1.94	2.00	0.4
18.00-29.00	12.00	35.00		
29.00-30.00	12.00	30.00		
30.01 ขึ้นไป	8.00	40.00		
รวม	32.00	105.00		

จากตารางที่ 4 สรุปได้ว่า ปัจจัยส่วนบุคคลด้านเพศ อายุ อาชีพ ระดับการศึกษา รายได้ ดัชนีมวลกาย ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง ตำบลท่าช้าง อำเภอพร้าหม จังหวัดนครศรีธรรมราช ($P>0.05$)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับการเกิดโรคเบาหวานกับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง ตำบลท่าช้าง อำเภอพร้าหม จังหวัดนครศรีธรรมราช

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับการเกิดโรคเบาหวาน กับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาล

ความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน	พฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด		X ²	p-value*
	ระดับปานกลาง	ระดับสูง		
ระดับปานกลาง	2.00	6.00	14.614	0.017*
	50.00%	4.50%		

ระดับสูง	2.00	127.00
	50.00%	95.50%

จากตารางที่ 5 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับการเกิดโรคเบาหวาน กับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

1. ปัจจัยส่วนบุคคล

1.1 เพศ จากการศึกษา พบว่า เพศไม่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการควบคุมตาลในเลือด ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้และไม่สอดคล้องกับของจิราพรรณ ผิวนวล และประทุม เนตรินทร์ (2561) ศึกษาเรื่องพฤติกรรมของผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านบางแก้วใน ตำบลบางแก้ว อำเภอละอุ่น จังหวัดระนอง พบว่า เพศมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อาจเป็นเพราะว่าไม่ว่าจะเป็นเพศใด ถ้าหากไม่ตระหนักถึงโทษจากการไม่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดส่งผลให้มีภาวะแทรกซ้อนตามมา ก็จะส่งผลต่อพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดที่ไม่แตกต่างกัน

2.2 อายุ จากการศึกษา พบว่า อายุไม่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้และไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ ชัชรินทร์ ภูเมาะ (2558) ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวาน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านเตราะหัก จังหวัดปัตตานี พบว่า ปัจจัยด้านอายุ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อาจเป็นเพราะว่า ไม่ว่าจะมีความเท่าไร ถ้าหากไม่ตระหนักถึงโทษจากการไม่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งจะส่งผลให้มีภาวะแทรกซ้อนตามมา ก็จะส่งผลต่อพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดที่ไม่แตกต่างกัน

2.3 อาชีพ จากการศึกษา พบว่า อาชีพไม่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการควบคุมด้านรายได้ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวานโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านเตราะหัก ตำบลบ้านน้ำบ่อ อำเภอละอุ่น จังหวัดปัตตานี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อาจเป็นเพราะว่าไม่ว่าจะมีรายได้น้อยแค่ไหน ถ้าหากไม่ตระหนักถึงโทษจากการไม่ควบคุมระดับน้ำตาลจะส่งผล ให้มีภาวะแทรกซ้อนตามมา ก็จะส่งผลต่อพฤติกรรมการควบคุมน้ำตาลในเลือดที่ไม่แตกต่างกัน

2.4 ระดับการศึกษา จากการศึกษา พบว่า ระดับการศึกษาไม่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้และไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ ชัชรินทร์ ภูเมาะ (2558) ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวาน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านเตราะหัก จังหวัดปัตตานี พบว่า ปัจจัยด้านระดับการศึกษา มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวาน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านเตราะหัก ตำบลบ้านน้ำบ่อ อำเภอละอุ่น จังหวัดปัตตานี อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) อาจเป็นเพราะว่า ไม่ว่าจะจบการศึกษาระดับใด ก็ไม่ได้หมายความว่ามีความรู้ ความตระหนักเกี่ยวกับการควบคุมระดับน้ำตาล ที่จะส่งผลต่อพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ เพราะบางคนจบการศึกษาระดับสูง แต่ไม่ได้จบสายสุขภาพ จึงทำให้ไม่มีความรู้เกี่ยวกับการควบคุมระดับน้ำตาล จึงส่งผลให้มีพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลที่ไม่แตกต่างกัน

2.5 รายได้ จากการศึกษา พบว่า รายได้ไม่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้และไม่สอดคล้องกับการศึกษา ของจิราพรรณ ผิวนวล และประทุม เนตรินทร์ (2561) ศึกษาเรื่องพฤติกรรมการดูแลตนเอง ของผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ตำบลบางแก้วใน ตำบลบางแก้ว อำเภอละอุ่น จังหวัดระนอง พบว่าปัจจัยด้านรายได้ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยในโรงพยาบาลส่งเสริม สุขภาพตำบลบ้านเตราะหัก ตำบลบ้านน้ำบ่อ อำเภอละอุ่น จังหวัดปัตตานี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อาจ

เป็นเพราะว่า ไม่ว่าจะมียาได้น้อยแค่ไหน ถ้าหากไม่ตระหนักถึงโทษจากการไม่ควบคุมระดับน้ำตาลจะส่งผลให้มีภาวะแทรกซ้อนตามมา ก็จะส่งผลต่อพฤติกรรมการควบคุมน้ำตาลในเลือดที่ไม่แตกต่างกัน

2.6 ดัชนีมวลกาย จากการศึกษา พบว่า ดัชนีมวลกายไม่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้และไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ จิรพรรณ วัฒนกุล และประทุม เนตรินทร์ (2561) ศึกษาเรื่องพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ให้โรงพยาบาลส่งเสริม สุขภาพตำบลบางแก้วในตำบลบางแก้ว อำเภอละอุ่น จังหวัดปัตตานี พบว่า ปัจจัยด้านดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวาน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านน้ำบ่อ อำเภอยะนิง จังหวัดปัตตานี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อาจเป็นเพราะว่า ไม่ว่าจะมียาได้น้อยแค่ไหน ถ้าหากไม่ตระหนักถึงโทษจากการไม่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งจะส่งผลให้มีภาวะแทรกซ้อนตามมา ก็จะส่งผลต่อพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดที่ไม่แตกต่างกัน

2. ความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน

จากการศึกษา พบว่า ความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาล ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้และสอดคล้องกับการศึกษาของ นิภาภรณ์ ศรีวงษ์ (2562) พบว่า ความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการรับรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อาจเป็นเพราะว่า คนที่มีความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานจะรู้ถึงโทษของการไม่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด คือการมีภาวะแทรกซ้อนตามมาทำให้เกิดความตระหนักและส่งผลให้เกิดพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ดี

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลและความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานกับพฤติกรรมการควบคุมน้ำตาลในเลือดของเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง ตำบลช้างซ้าย อำเภอยะนิง จังหวัดนครศรีธรรมราช

1. ปัจจัยส่วนบุคคล

จากการวิเคราะห์ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน จำนวน 137 คน พบว่า เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ในเขตพื้นที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง ตำบลช้างซ้าย อำเภอยะนิง จังหวัดนครศรีธรรมราช ($P > 0.05$)

2. ความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับการเกิดโรคเบาหวานกับพฤติกรรมการควบคุมน้ำตาลในเลือดของเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง ตำบลช้างซ้าย อำเภอยะนิง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานไม่พึ่งอินซูลิน ในเขตพื้นที่รับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่าช้าง ตำบลช้างซ้าย อำเภอยะนิง จังหวัดนครศรีธรรมราช อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

อ้างอิง

- [1] ฉวีวรรณ ทองสาร. (2550). การพัฒนาแนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อการจัดการตนเองในการบริโภคอาหารของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด. สารนิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- [2] สำนักงานพัฒนานโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ. (2559). โรคเบาหวาน.
- [3] สรยา สีละมาต. (2557) กิจกรรมทางกายเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [4] สมจิตร ชัยยะสมุทร. (2559). ทักษะชีวิตและพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน. จังหวัดปทุมธานี.
- [5] สมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศไทย. (2562). การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด. โรงพยาบาลเปาโลพระประแดง
- [6] คำรณ มุทะสิน. (2559). พฤติกรรมการดูแลสุขภาพของตนเองและผู้ป่วยเบาหวาน. จังหวัดฉะเชิงเทรา.



Session
การศึกษา

การใช้รูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H เพื่อพัฒนา การอ่านเพื่อความเข้าใจ วิชาภาษาอังกฤษอ่าน เขียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ธมลวรรณ ศรีสุวรรณ^{1*} วิวัฒน์ ชัดติยะมาน² และ กิตติธัช คงชะวัน³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถด้านทักษะการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H 2) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H กลุ่มตัวอย่างคือผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 คนที่ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H จำนวน 8 แผน และแบบทดสอบวัดระดับการอ่านเพื่อความเข้าใจ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า t-test ผลการวิจัยพบว่า การวัดระดับการอ่านเพื่อความเข้าใจหลังเรียน มีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อวิธีการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: รูปแบบการสอนแบบ OK5R, รูปแบบการสอนแบบ OK5R, การอ่านเพื่อความเข้าใจ

¹ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000

¹ อาจารย์ ดร. สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000

¹ Student, Master of Education (Curriculum and Instruction), Faculty of Education Songkhla, Thaksin University Songkhla 90000

² Assistant Professor Dr, Master of Education (Curriculum and Instruction), Faculty of Education, Songkhla Thaksin University Songkhla 90000 (Advisors)

¹ Dr, Master of Education (Curriculum and Instruction), Faculty of Education, Songkhla Thaksin University Songkhla 90000 (Co Advisors)

*Corresponding author: Thamolwan_sri@woranari.ac.th

The Development of Reading Comprehension Using OK5R Method with 5W1H Technique for 10th Grade Secondary Students

Thamolwan Srisuwan^{1*}, Withawat Khattiyamarn² and Kittithaj Khongchawan³

Abstract

The purposes of this research were 1) to compare English reading comprehension skills before and after learning management using the OK5R teaching model combined with the 5W1H technique 2) To study the satisfaction of the learners towards the learning management with the OK5R teaching method combined with the 5W1H questioning technique. The sample group consisted of 30 Mathayomsuksa 4 learners obtained by cluster random sampling. The research instruments included 8 lesson plans using the OK5R teaching method combined with the 5W1H technique, and the reading comprehension test. The statistics used in the research were mean, standard deviation and t-test. Post-test scores of reading comprehension level was a statistically significant at .05 and the results of the study of the learners' satisfaction with the learning method using the OK5R teaching method combined with the 5W1H technique were in the highest level.

Keywords: OK5R Method, 5W1H Technique, Reading Comprehension

บทนำ

การเรียนรู้ภาษาอังกฤษประกอบไปด้วยทักษะหลายประการ ทั้งการฟัง การพูด การอ่านและการเขียน ในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ ความเข้าใจนั้น และการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารหรือประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองของผู้เรียน การอ่านเป็นทักษะที่สำคัญมากในยุคข้อมูลข่าวสาร ผู้ที่มีความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษ ย่อมมีโอกาสได้ข้อมูล ข่าวสารจากสื่อต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว การอ่านเพื่อความเข้าใจเป็นเป้าหมายสำคัญของการอ่านทุกประเภทซึ่ง ฐะปะนีย์ นาครทรรพ (2552, น. 22) กล่าวว่าความเข้าใจในการอ่านเป็นความสามารถในการอ่านในใจที่เข้าใจลายลักษณ์อักษรหรือข้อความที่อ่านอย่างครบถ้วน หรืออ่านรู้เรื่องนั่นเอง

จากการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวรนาธิเฉลิม จังหวัดสงขลา ในการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษอ่าน เขียน ในช่วงระยะ 2 ปี ตั้งแต่ปีการศึกษา 2563-2564 พบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ด้านความรู้ทางภาษาและกระบวนการคิดของผู้เรียนอยู่ในเกณฑ์ต่ำ (คะแนนเฉลี่ย 40.1)

ทั้งนี้จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการเรียนการสอน พบว่า มีผู้ใช้วิธีการสอนและเทคนิคต่าง ๆ เพื่อพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญได้แก่วิธีการสอนแบบ OK5R ซึ่งวิธีการสอนนี้เป็นแนวคิดของ Walter Pauk (1984, p. 172) ที่กล่าวว่า “วิธีการสอนแบบ OK5R คือ วิธีการสอนที่เน้นการจดคำสำคัญลงบนกระดาษ (Record) และการสะท้อนความคิด (Reflect) ซึ่งเป็นจุดสำคัญของกระบวนการเรียนรู้ที่จะช่วยให้ผู้อ่านได้เชื่อมโยงความคิดใหม่กับความเข้าใจเก่าหรือความรู้เดิมที่มีในความทรงจำเข้าด้วยกัน และปลูกฝังความคิดสร้างสรรค์ผ่านการใช้สิ่งที่เพิ่งเรียนรู้มา

อีกทั้งผู้วิจัยยังได้สังเกตเห็นว่า การนำเทคนิคการตั้งคำถามแบบ 5W1H มาใช้ร่วมกับวิธีการสอนแบบ OK5R จะสามารถที่ช่วยให้แก่นักเรียนเกิดความเข้าใจในเรื่องที่อ่านได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งเทคนิคการตั้งคำถามแบบ 5W1H นั้น เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนได้รู้จักกระบวนการแสวงหาความรู้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนค้นพบความจริงต่างๆด้วยตนเอง อาศัยวิธีการแก้ปัญหา สามารถช่วยให้มีการพัฒนาทักษะการคิดได้เป็นอย่างดี โดยเทคนิคการใช้คำถามประกอบด้วย What (อะไร) Where (ที่ไหน) When(เมื่อไร) Why (ทำไม) Who (ใคร) How (อย่างไร)

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาหาข้อมูลและจัดทำวิจัยเรื่อง การใช้รูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H เพื่อพัฒนาการอ่านเพื่อความเข้าใจวิชาภาษาอังกฤษอ่าน เขียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผู้เรียนมีโอกาสได้พัฒนาความสามารถทักษะการอ่านเพื่อความเข้าใจในวิชาภาษาอังกฤษอ่าน เขียน อย่างถูกต้องและเป็นพื้นฐานทักษะการอ่านภาษาอังกฤษที่เหมาะสมกับการเรียนในระดับที่สูงขึ้นต่อไปได้

วิธีการวิจัย

1. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H
- 1.2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H

2. สมมติฐานของการวิจัย

- 2.1. ความสามารถด้านทักษะการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
- 2.2. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการใช้รูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H อยู่ในระดับมาก

3. นิยามศัพท์เฉพาะ

- 3.1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ OK5R หมายถึง วิธีการสอนที่เน้นการจดบันทึกคำสำคัญ และการสะท้อนความคิด เพื่อช่วยให้ผู้อ่านเชื่อมโยงความคิดใหม่กับความรู้เดิมเข้าด้วยกัน ของ วอลเตอร์ พอค ประกอบด้วย คือ O (Overview) อ่านอย่างคร่าวๆ K (Key Ideas) หาแนวความคิดหลัก R1 (Read) อ่านแต่ละย่อหน้า R2 (Record) จดบันทึกใจความสำคัญ R3 (Recite) พุดเล่าเรื่องที่อ่าน R4 (Review) ทบทวน และ R5 (Reflect) สะท้อนความคิด
- 3.2. เทคนิคการตั้งคำถามแบบ 5W1H หมายถึง เทคนิคการตั้งประเด็นถามตอบ เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ คำถามเหล่านี้ที่เกิดขึ้นจากความสงสัยในวัยเด็ก เป็นสิ่งที่บอกให้รู้ว่าเด็กเริ่มคิด เพราะเมื่อเด็กเกิดความสงสัย แสดงว่าสิ่งแวดล้อมรอบตัวเด็กกระตุ้นให้เด็กเกิดสภาวะที่เรียกว่าไม่สมดุล (Disequilibrium) เด็กจึงหาคำตอบเพื่อให้เกิดภาวะสมดุล (Equilibrium) ทำให้เกิดปัญหาเป็นความรู้ความเข้าใจที่กลายเป็นพื้นฐานการคิดของเด็กต่อไป ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของคำถาม 6 ประเภทตามความคิดของบลูม (Bloom) โดยประกอบด้วย Who ใคร, What ทำอะไร, Where ที่ไหน, When เมื่อไหร่, Why ทำไม และ How อย่างไร
- 3.3. การอ่านเพื่อความเข้าใจ หมายถึง การอ่านเพื่อความเข้าใจเป็นความสามารถในการทำความเข้าใจทั้งในระดับตัวอักษร และระดับความหมายโดยการตีความจะอาศัยปฏิสัมพันธ์ระหว่างเนื้อเรื่องที่อ่านกับความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้อ่านเป็นหลัก จึงทำให้เกิดความรู้ใหม่ความเข้าใจเป็น

4. การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย

- 4.1. ทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ จำนวน 30 ข้อ เวลา 1 ชั่วโมง เพื่อเก็บคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนไว้เปรียบเทียบกับคะแนนที่ได้จากการทดสอบหลังเรียน
- 4.2. จัดการเรียนรู้อยู่ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 8 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง เป็นเวลา 16 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเอง

4.4 ทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ จำนวน 30 ข้อ เวลา 1 ชั่วโมง

4.5 วัดความพึงพอใจด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยรูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิค 5W1H จำนวน 10 ข้อ เวลา 30 นาที

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนวรนาธิเฉลิมจังหวัดสงขลา ภาคเรียนที่ 2 ปี 2565 จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียน 30 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยวิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H จำนวน 8 แผน จำนวนเวลา 16 ชั่วโมง ซึ่งมีการนำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนสังคมศึกษา ประเมินผลเกี่ยวกับวิชา ภาษาอังกฤษอ่านเขียน จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบ เพื่อหาค่าความเหมาะสม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีค่าความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

2.2 แบบทดสอบวัดระดับการอ่านเพื่อความเข้าใจ เป็นแบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ครอบคลุมทักษะการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ 3 ระดับของเรเกอร์ และ เรเกอร์ (Raygor and Raygor, 1985, p.230) ได้แก่ ความเข้าใจระดับตัวอักษร, ความเข้าใจระดับตีความ และ ความเข้าใจนำไปใช้ ค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.31 - 0.78 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.25 - 0.50 โดยแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.72

2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ของลิเคิร์ต (Likert) 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านตรวจสอบ ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบระดับการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H มีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการศึกษาระดับการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

การอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ	คะแนนเต็ม	คะแนนก่อนเรียน		คะแนนหลังเรียน		T
		\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.	
ความเข้าใจระดับตามตัวอักษร	10	6.53	1.22	7.23	1.14	4.83*
ความเข้าใจระดับตีความ	10	6.10	1.24	6.53	1.43	2.15*
ความเข้าใจนำไปใช้	10	5.77	1.43	6.40	1.61	3.90*
รวม	30	18.36	3.89	20.23	4.18	10.88*

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่1 แสดงให้เห็นว่าการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง พบว่า นักเรียนมีการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการใช้รูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H มีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่2 แสดงผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนด้วยวิธีการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H เพื่อพัฒนาการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจวิชาภาษาอังกฤษอ่าน เขียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายการ	\bar{x}	S.D.	แปลผล
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1. เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนรู้	4.57	0.49	มากที่สุด
2. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อตนเองและกลุ่ม	4.81	0.39	มากที่สุด
3. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน	4.86	0.35	มากที่สุด
4. เปิดโอกาสให้นักเรียนทำกิจกรรมได้อย่างอิสระ	4.71	0.55	มากที่สุด
5. นักเรียนมีการใช้ความคิดที่หลากหลาย	4.43	0.49	มาก
รวม	4.68	0.45	มากที่สุด
ด้านสื่อการเรียนการสอน			
1. รูปภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา ดึงดูดใจนักเรียน	4.19	0.39	มาก
2. ใบงาน สอดคล้องกับขั้นตอนการเรียนรู้และเข้าใจง่าย	4.76	0.43	มากที่สุด
3. สื่อเหมาะสมกับวัย ความสนใจ ความสามารถของนักเรียน	4.24	0.61	มาก
4. สื่อสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.86	0.35	มากที่สุด
5. สื่อมีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของห้องเรียน	4.81	0.39	มากที่สุด
รวม	4.57	0.43	มากที่สุด
รวมทั้งหมด	4.63	0.44	มากที่สุด

จากตารางที่2 แสดงผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนด้วยวิธีการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H เพื่อพัฒนาการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

1. การอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจโดยใช้รูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจมีคะแนนโดยเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 18.36 คะแนน และค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 20.23 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนก่อนเรียนเท่ากับ 3.89 หลังเรียนเท่ากับ 4.18 ดังจะเห็นได้ว่านักเรียนมีการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การเรียนรู้โดยรูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ทำให้นักเรียนเรียนรู้อ่านเพื่อความเข้าใจ การตีความ สรุปความอย่างเป็นขั้นเป็นตอน และช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจข้อมูลได้อ่านได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับศิวภา ชูเรือง (ศิวภา ชูเรือง, 2550) ที่ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความเข้าใจในการอ่านภาษาไทยด้วยวิธีการสอนแบบ OK5R ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีการสอนแบบ OK5R มีความเข้าใจในการอ่านภาษาไทยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีความก้าวหน้าความเข้าใจในการอ่านภาษาไทยของผู้เรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้เพิ่มขึ้น

2. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีต่อการใช้รูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H พบว่า คะแนนด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 คะแนน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.45 นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด, คะแนนด้านสื่อการเรียนการสอนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 คะแนน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.51 นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก และคะแนนรวมทั้งหมดโดยเฉลี่ย เท่ากับ 4.63 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.44 จะเห็นได้ว่าในภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้ในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นั้น นักเรียนมีความพึงพอใจในเรื่องของกระบวนการจัดกิจกรรมที่มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมและแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ และนักเรียนได้มีการแสดงความคิดเห็นอย่างหลากหลายตลอดการจัดการเรียนรู้ ซึ่งรูปแบบการสอนแบบ OK5R ร่วมกับเทคนิค 5W1H นั้น เน้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดเวลา มีส่วนร่วมในการถามตอบ และแสดงความคิดเห็นจากเรื่องที่อ่าน ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ กระตือรือร้นกับการเรียน

อ้างอิง

- Nuttall. (1996). Teaching Reading Skill in a Foreign Language. Oxford : Heinemann.
- Pauk, W. (1984). How to study in college. New York: Houghton Mifflin.
- Raygor, A.L R.D and Raygor. (1985). Effective Teaching. New York : MacGraw-Hill
- กระทรวงศึกษาธิการ. หลักสูตรการศึกษาแกนกลาง พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา, ฐะปะนีย์ นาครทรรพ. (2552). การสอนภาษาไทยขั้นพื้นฐานระดับมัธยมศึกษา. เกรท เอ็ดดูเคชั่น.
- วิฑูรย์ ชติยะมาน และอมลวรรณ วีระธรรมโม. (2549). การสอนเพื่อพัฒนาการคิด. สงขลา: เทมการพิมพ์ สงขลา.
- ศิวภา ชูเรือง. (2550). การศึกษาความเข้าใจในการอ่านภาษาไทยและความพึงพอใจต่อวิธีการสอนแบบ OK5R ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์) . มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

เสีงี่ยม โตร์ตัน. (2524). พัฒนาทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร

วิสาข์ จัตวีตร. (2539). การสอนภาษาอังกฤษ English Reading Comprehension. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย ศิลปากร.

. (2551). การสอนอ่านภาษาอังกฤษ (Teaching English Reading Comprehension). กรุงเทพฯ :
มหาวิทยาลัยศิลปากร.

หิรัญญา อูปถัมภ์. (2541). การพัฒนาทักษะการอ่านเพื่อความเข้าใจในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ด้วยการสอนแบบ OK5R. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

อินทัช ขวัญสถาพรกุล^{1*} พัศกรเบศวัฒน์ เวชวิริยะสกุล² กิตติธัช คงชะวัน³

บทคัดย่อ

กระบวนการทัศน์การศึกษาไทยมุ่งให้ผู้เรียนมีกระบวนการเรียนรู้และการคิดขั้นสูง แต่ผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล พบว่า นักเรียนขาดทักษะด้านความฉลาดรู้ ซึ่งเป็นทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะกลุ่มโรงเรียนขยายโอกาส สอดคล้องกับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐานของโรงเรียนที่ไม่บรรลุเป้าหมาย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก 2) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 22 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 2) แบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test Dependent ผลการวิจัยพบว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และความพึงพอใจหลังจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: ปรากฏการณ์เป็นฐาน ผังกราฟิก การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

¹ นิสิตระดับปริญญาโท, หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

¹ อาจารย์ ดร., สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

¹ Graduate Student, Master of Education Program in Curriculum and Instruction Thaksin University, Songkhla, 90000

² Assistant Professor Dr., Master of Education Program in Curriculum and Instruction Thaksin University, Songkhla, 90000

¹ Dr., Master of Education Program in Curriculum and Instruction Thaksin University, Songkhla, 90000

*Corresponding Author: E-mail: aliean27834@gmail.com

**The Development of Critical Thinking
by Using Phenomenon-based Learning and Graphic Organizers
in the Thai Language Learning Area of Fourth-grade Primary Students**

Intouch Khansathapornkul^{1*} Phatsarabet Wetwiriyaakun² Kittithat Khongchawan³

Abstract

The paradigm of Thai education aims to provide learners with higher thinking and learning processes. However, the evaluation results of the international standard student competency found that students lacked intelligence skills that is the 21st century skill. Especially, the group of opportunities expansion schools in line with the results of the basic national educational test schools that are not achieved. This research study aimed to; 1) compare pre-and post-critical thinking by using phenomenon-based learning (PhBL) and graphic organizers, and 2) examine student satisfaction towards PhBL learning management and graphic organizers. Research samples were 22 fourth-grade students who were selected by cluster random sampling using a school unit for the sampling. Research instruments were; 1) a critical thinking test, 2) a questionnaire on the satisfaction of students. The data were analyzed by mean, standard deviation, and t-test Dependent. The research findings revealed that; 1) after learning through PhBL and graphic organizers, the student's critical thinking was significantly increased at the significance level of .05., 2) the students were satisfied with the learning through PhBL and graphic organizers at the highest level.

Keyword: Phenomenon Based Learning, Graphic Organizer, Critical thinking

บทนำ

แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2570 (2560) มีเป้าหมายด้านผู้เรียนว่า “มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีคุณลักษณะ และทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (3Rs8Cs)” ทำให้ประเทศไทยต้องเปลี่ยนเป้าหมายการศึกษาเพื่อพัฒนาทรัพยากร มนุษย์ให้เหมาะสมกับโลกศตวรรษที่ 21 ที่มีปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสังคม โดยเปลี่ยนแปลงกระบวนทัศน์ที่ว่า “กระบวนการเรียนรู้สำคัญกว่าความรู้” (เจมส์ เบลล์ และรอน แบรินด, 2562) เพื่อสร้างผู้เรียนที่สามารถเรียนรู้ คิด และตัดสินใจอย่างมีวิจารณญาณได้ และปรับเปลี่ยนแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างผู้เรียนที่สามารถเรียนรู้ แก้ปัญหา คิด และสื่อสารด้วยตนเอง สร้างประสบการณ์และประยุกต์ใช้เป็นสมรรถนะการเรียนรู้รายบุคคล เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีลักษณะ ความรู้ดีและมีความสามารถสืบสอบความรู้ (พิมพันธ์ เดชคุปต์ และเพยาว์ ยินดีสุข, 2563)

อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้ ด้านความฉลาดรู้ไม่เพียงพอ โดยเฉพาะด้านการอ่านรู้เรื่อง โดยเฉพาะกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้น พื้นฐาน (ขยายโอกาส) ที่มีคะแนนการอ่านต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศและค่าเฉลี่ย OECD (ศูนย์ดำเนินการ PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) สะท้อนให้เห็นว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนไม่เป็นไป ตามที่กำหนด สอดคล้องกับที่วิจารณ์ พานิช (2556) กล่าวว่า การอ่านออกเขียนได้ ที่เรียกว่า Literacy ไม่พอ ดังนั้นผู้เรียนจึง ควรได้รับการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สอดคล้องกับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐานในรายวิชา ภาษาไทยไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ตามที่โรงเรียนกำหนด และการจัดการเรียนรู้รายวิชาภาษาไทย มีผู้เรียนผ่านเกณฑ์ การประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณร้อยละ 60 จำนวน 6 คน จาก 22 คน ซึ่งไม่เป็นไปตามผลที่คาดหวัง เนื่องจากผู้เรียน มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้บ่อยครั้ง ไม่มีการบูรณาการเนื้อหาวิชาให้เชื่อมโยงเข้ากับวิถีชีวิตของผู้เรียน ผู้เรียนไม่เข้าใจ ความสำคัญของการเรียนรู้ ไม่สามารถตัดสินใจหรือประเมินค่าอย่างมีเหตุผลได้ และได้รับผลกระทบจากสถานการณ์ COVID-19

จากสภาพปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยทบทวนวรรณกรรมการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานเป็นการนำปรากฏการณ์ในชีวิตจริงของผู้เรียนมาใช้เป็นสื่อการเรียนรู้เพื่อ พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณแบบบูรณาการสหวิทยาการ มุ่งให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้และแก้ปัญหาด้วยตนเอง จนเป็นทักษะการเรียนรู้และทักษะการคิดขั้นสูง ทั้งนำผังกราฟิกมาช่วยพัฒนาการคิดวิเคราะห์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการคิดอย่าง มีวิจารณญาณ เพื่อสร้างความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน (ทิตินา แคมมณี, 2560) โดยใช้รายวิชาภาษาไทยเป็นสื่อกลาง เนื่องจากมีมาตรฐานการเรียนรู้ที่ใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และเป็นเครื่องมือแสวงหาความรู้และประสบการณ์จากแหล่ง สารสนเทศเพื่อพัฒนาความรู้ การคิดวิเคราะห์ วิจารณ์ และสร้างสรรค์ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลง ผ่านทักษะการฟัง การอ่าน และการดู (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็น ฐานร่วมกับผังกราฟิกมาช่วยพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

1. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1 เพื่อเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกในกลุ่มสาระการ เรียนรู้ภาษาไทย สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

1.2 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็น ฐานร่วมกับผังกราฟิกในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย

2. สมมติฐานของการวิจัย

2.1 การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็น ฐานร่วมกับผังกราฟิกในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ร่วมกับผังกราฟิกในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยอยู่ในระดับมากที่สุด

วิธีการวิจัย

1. ทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 35 ข้อ กับกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 22 คน

2. ดำเนินการทดลองโดยผู้วิจัยจัดการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่างตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ 1) เรื่องอันตรายจากสารเสพติด 2) เรื่องขยะพลาสติกในทะเล 3) เรื่องการรังแกกันในโรงเรียน 4) เรื่องอุบัติเหตุบนท้องถนน รวม 16 ชั่วโมง

3. ทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 35 ข้อ กับกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 22 คน และให้ผู้เรียนตอบแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลการทดสอบและความพึงพอใจและเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ และประเมินค่าความพึงพอใจว่าเป็นไปตามสมมติฐานหรือไม่

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. ขอบเขตประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนเครือข่ายสถานศึกษาอุดรวิทย์ พื้นที่ตำบลหนองช้างแล่น ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 4 โรงเรียน รวม 59 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองสองพี่น้อง อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ ปีการศึกษา 2565 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 22 คน จากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

2. ขอบเขตตัวแปร

2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก จำนวน 4 แผน ได้แก่ 1) เรื่องอันตรายจากสารเสพติด รวม 4 ชั่วโมง 2) เรื่องขยะพลาสติกในทะเล รวม 4 ชั่วโมง 3) เรื่องการรังแกกันในโรงเรียน รวม 4 ชั่วโมง และ 4) เรื่องอุบัติเหตุบนท้องถนน รวม 4 ชั่วโมง จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ผลการพิจารณาผ่านเกณฑ์ ค่าเฉลี่ยที่ได้ 1.0

3.2 แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 42 ข้อ และอัตนัย จำนวน 8 ข้อ จากนั้นนำแบบวัดที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ผลการพิจารณาผ่านเกณฑ์ ค่าเฉลี่ยที่ได้ 1.0 และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านหนองสองพี่น้อง เพื่อหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น พบว่า แบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าความยากง่าย (p) เท่ากับ 0.46 ค่าอำนาจจำแนก (r) เท่ากับ 0.24 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.98 ซึ่งมีความเชื่อมั่นสูง

3.3 แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกเป็นแบบประเมินที่มีมาตราส่วนประมาณค่าชนิด 5 ระดับ จำนวน 20 คำถาม แบ่งเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ ด้านสื่อการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล โดยนำแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.0 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 ก่อนนำมาใช้ในการวิจัย

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ตารางที่ 1 การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์ เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย

องค์ประกอบของการ คิดอย่างมีวิจารณญาณ	คะแนนเต็ม	คะแนนก่อนจัดการเรียนรู้		คะแนนหลังจัดการเรียนรู้		t
		\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.	
การระบุปัญหา	5	2.09	1.10	3.59	0.85	4.583*
การรวบรวมข้อมูล	5	2	0.92	3.73	1.03	5.452*
การวิเคราะห์ข้อมูล	13	3.77	1.82	8.36	1.65	10.326*
การสรุปและประเมินผล	12	3.82	1.50	7.41	1.59	7.521*
รวม	35	11.68	3.03	23.09	3.54	14.467*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 1 พบว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 22 คน ผลการทดสอบก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 11.68 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 3.03 และผลการทดสอบหลังเรียน มีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 23.09 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 3.54 เมื่อนำผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณมา ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก มาเปรียบเทียบโดยใช้ t-test Dependent พบว่า ผลการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยมีค่า t เท่ากับ 14.467 ดังนั้น คะแนนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยมีรายละเอียดดังนี้ ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผัง กราฟิก ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย

ข้อที่	รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	แปลผล	ลำดับ
ด้านการจัดการเรียนรู้					
1	นักเรียนสนใจสังเกตและกำหนดประเด็นหรือปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ เกิดขึ้นในชีวิตจริง	4.64	0.49	มากที่สุด	3
2	นักเรียนกระตือรือร้นในการศึกษาประเด็นที่ได้จากปรากฏการณ์ร่วมกับ เพื่อน โดยใช้แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายและครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก	4.77	0.43	มากที่สุด	2
3	นักเรียนมีความต้องการนำเสนอและรายงานผลการศึกษาปรากฏการณ์ ร่วมกับเพื่อน ๆ ในกลุ่ม	4.82	0.39	มากที่สุด	1
4	นักเรียนมีส่วนร่วมและกระตือรือร้นในการแสดงความคิดเห็นและ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา	4.64	0.58	มากที่สุด	3
5	นักเรียนชอบการทำผังกราฟิกรูปแบบต่าง ๆ ร่วมกับเพื่อน	4.64	0.58	มากที่สุด	3
	รวม	4.70	1.12	มากที่สุด	1

ข้อที่	รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	แปลผล	ลำดับ
ด้านบรรยากาศการเรียนรู้					
1	นักเรียนได้ทำกิจกรรมและชิ้นงานด้วยตนเองและร่วมกับสมาชิกกลุ่ม	4.64	0.58	มากที่สุด	2
2	นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และอธิบายคำตอบพร้อมเหตุผลของตนเอง	4.45	0.74	มาก	3
3	นักเรียนชอบการจัดพื้นที่ภายในห้องเรียนรูปแบบต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับกิจกรรมแต่ละขั้นตอน	4.23	0.87	มาก	5
4	นักเรียนได้รับคำชมและมีกำลังใจจากการตอบคำถาม และแสดงความคิดเห็นทุกครั้ง พร้อมกับเพื่อน ๆ ในห้องเรียน	4.27	0.70	มาก	4
5	นักเรียนได้รับการสนับสนุนและความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า สืบค้นข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับประเด็นปัญหา	4.86	0.47	มากที่สุด	1
	รวม	4.49	1.53	มาก	3
ด้านสื่อการเรียนรู้					
1	สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ทันสมัยและเข้าใจง่าย	4.64	0.66	มากที่สุด	1
2	นักเรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อการเรียนรู้	4.41	0.80	มาก	2
3	สื่อการเรียนรู้ตรงกับความสนใจของนักเรียน	4.27	0.88	มาก	3
4	สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.23	0.81	มาก	4
5	สื่อการเรียนรู้มีหลากหลายรูปแบบเหมาะสมกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา	4.27	0.83	มาก	3
	รวม	4.36	1.79	มาก	4
ด้านการวัดและประเมินผล					
1	นักเรียนตอบคำถามในชั้นเรียน	4.41	0.67	มาก	5
2	นักเรียนนำเสนอผลการศึกษาปรากฏการณ์ในรูปแบบกลุ่ม	4.55	0.60	มากที่สุด	3
3	นักเรียนวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลเป็นผังกราฟิกชนิดต่าง ๆ	4.64	0.58	มากที่สุด	2
4	นักเรียนประเมินการนำเสนอผลการศึกษาจากปรากฏการณ์	4.23	0.69	มาก	4
5	นักเรียนได้รับคำแนะนำ คำอธิบาย และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมหลังการตอบคำถาม นำเสนอผลการศึกษา และแสดงความคิดเห็น	4.82	0.39	มากที่สุด	1
	รวม	4.53	1.33	มากที่สุด	2
	รวมทั้งหมด	4.52	1.88	มากที่สุด	

จากตารางที่ 2 พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ด้านการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจรองลงมา คือ ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจรองลงมา คือ ด้านการวัดและประเมินผล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 อยู่ในระดับมากที่สุด และด้านที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเป็นลำดับสุดท้าย คือ ด้านสื่อการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 อยู่ในระดับมาก ดังนั้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยอยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} = 4.52 และ S.D. = 1.88)

สรุปผลการวิจัย

1. สรุปผล

1.1 การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

1.2 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกอยู่ในระดับมากที่สุด

2. อภิปรายผล

2.1 การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกสูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 อาจเนื่องมาจากผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเลือกปรากฏการณ์ใกล้ตัว ได้แก่ อันตรายของยาเสพติด ขยะพลาสติกในทะเล การรังแกกันในโรงเรียน และอุบัติเหตุบนท้องถนน ทำให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจที่ดีในการแลกเปลี่ยน เรียนรู้ และแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผลตามข้อเท็จจริงจากประสบการณ์ โดยผู้วิจัยสังเคราะห์การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกเพื่อพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 5 ชั้น ได้แก่ ชั้นที่ 1 การสังเกตปรากฏการณ์ร่วมกันแบบองค์รวม โดยใช้ Spider Map ผู้วิจัยนำเสนอปรากฏการณ์ในรูปแบบข่าวและวิดีโอ ทำให้ผู้เรียนสังเกตประเด็นปัญหาได้ง่ายขึ้น แลกเปลี่ยนประสบการณ์ความคิดเห็นอย่างอิสระ และร่วมกันสังเคราะห์ปัญหาเป็น Spider Map ชั้นที่ 2 การกำหนดประเด็นหรือปัญหาจากปรากฏการณ์ร่วมกัน โดยใช้ Fishbone Map ผู้เรียนร่วมกันจัดลำดับประเด็นปัญหาและแบ่งกลุ่มวิเคราะห์สาเหตุประเด็นปัญหาเป็น Fishbone Map ทำให้ผู้เรียนเข้าใจที่มาและจำแนกสาเหตุของปัญหาได้ ซึ่งชั้นที่ 1 และ 2 ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่มีต่อปัญหาพร้อมเหตุผลตามปรากฏการณ์ เพื่อสังเคราะห์ประเด็นปัญหาและสาเหตุของประเด็นปัญหาในรูปแบบผังก้างปลา ส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะการกำหนดปัญหา ชั้นที่ 3 การสร้างองค์ความรู้ร่วมกัน โดยใช้ Mind Map ผู้เรียนศึกษาวิเคราะห์ แลกเปลี่ยนข้อมูล และได้แย้งเกี่ยวกับประเด็นปัญหาร่วมกันในกลุ่มตนเองและกลุ่มอื่น โดยผู้วิจัยแนะนำการพิจารณาข้อมูลเพื่อสังเคราะห์ผลการศึกษาเป็นผังความคิด ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดทักษะการรวบรวมข้อมูลและทักษะการคิดวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งนี้องค์ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลมีค่าการพัฒนาสูงสุด เนื่องจากผู้เรียนสังเคราะห์ข้อมูลเป็นผังกราฟิกต่อเนื่อง ชั้นที่ 4 การสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้และสะท้อนคิด ผู้เรียนร่วมกันสรุปและแลกเปลี่ยนสิ่งที่ได้เรียนรู้ ความสำคัญและวิธีการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นจากข้อเท็จจริง อธิบายความคิดตามหลักเหตุผล และชั้นที่ 5 การประเมินผลตามสภาพจริง ผู้เรียนนำเสนอผลการศึกษาของกลุ่มและประเมินของกลุ่มอื่นพร้อมอ้างเหตุผลตามข้อมูลจริง ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดทักษะการสรุปและประเมินผล สอดคล้องกับแนวคิดของโลนการ์ กิรส์ตี (2563) การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นการเรียนรู้ผ่านปรากฏการณ์ในโลกความเป็นจริงรอบตัว ผู้เรียนและใช้วิธีการสร้างความรู้ร่วมกัน กระฉับกระเฉง สุทธิวิทย์ และสันติ วิจักขณาลัญญ์ (2558) ผังกราฟิกพัฒนาการคิด การสรุปการจำแนกและการหาความสัมพันธ์ของข้อมูล และบรรจง อมรชีวิน (2556) คุณลักษณะที่ดีของนักคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้แก่ ทักษะการวิเคราะห์ ทักษะการสื่อสาร ทักษะการเก็บรวบรวมข้อมูล การประเมิน และการสังเคราะห์ และการเรียนรู้ร่วมกัน อย่างไรก็ตามระดับพฤติกรรมสรุปและประเมินผลของผู้เรียนยังไม่ได้การพัฒนาตามที่คาดหวัง เนื่องจากผู้เรียนบางส่วนมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นและได้รับคำแนะนำไม่เพียงพอและการประเมินสมมติฐานยังเป็นรูปธรรมเพียงพอ

2.2 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก พบว่า นักเรียนพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านที่ผู้เรียนพึงพอใจสูงสุด ได้แก่ 1) ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ นักเรียนได้รับการสนับสนุนและความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า สืบค้นข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับประเด็นปัญหา เนื่องจากมีอิสระสืบค้นร่วมกับเพื่อนและกลุ่มที่ศึกษาปัญหาใกล้เคียง ซึ่งมีการแลกเปลี่ยนและโต้แย้งอย่างสร้างสรรค์ รองลงมา ได้แก่ 2) ด้านการจัดการเรียนรู้ การนำเสนอและรายงานผลการศึกษาปรากฏการณ์ร่วมกับเพื่อน ๆ ในกลุ่ม เนื่องจากการนำเสนอผลการศึกษาเป็นผังกราฟิกแสดงความสัมพันธ์

ข้อมูลชัดเจน และด้านการวัดและประเมินผล การได้รับคำแนะนำ คำอธิบาย และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมหลังการตอบคำถาม นำเสนอผลการศึกษา และแสดงความคิดเห็น เนื่องจากผู้สอนแนะนำเกี่ยวกับประเด็นปัญหาและแหล่งสืบค้นให้ผู้เรียนเข้าใจวิธีเรียนรู้เพิ่มขึ้น และ 3) ด้านสื่อการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ทันสมัยและเข้าใจง่าย เนื่องจากใช้ข่าวและวิดีโอในชีวิตประจำวัน ที่เข้าใจง่าย และอำนวยความสะดวกด้านเทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล สอดคล้องกับแนวคิดของโลนการ์ กิริสตี (2563) กระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมเริ่มต้นจากการทำแผนผังความรู้ ทักษะคิด และทักษะเดิมของผู้เรียน และการกระตุ้นความรู้เดิมทำให้ผู้เรียนสนใจการเรียนรู้ในรูปแบบตนเอง และอุบลรัตน์ เฟ็งสฤติย์ (2542) กล่าวว่า เด็กอายุ 8-10 ปี ต้องการการยอมรับและอิสรภาพ และอายุ 7-15 ปี สามารถคิดอย่างมีเหตุผล ได้รับความคิดผู้อื่น แก้ปัญหา และเข้าใจความสัมพันธ์ได้

3. ข้อเสนอแนะ

- 3.1 ผู้สอนควรนำประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวกับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ โดยเลือกปรากฏการณ์ให้เหมาะสมกับเป้าหมายการเรียนรู้ และศึกษาปรากฏการณ์อย่างละเอียด เนื่องจากต้องอธิบายและขยายข้อมูลที่ผู้เรียนศึกษา
- 3.2 ควรวัดและประเมินผลระหว่างการจัดการเรียนรู้และจากการปฏิบัติตามสมมติฐานจริงในบริบทที่เหมาะสม
- 3.3 ควรนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกไปใช้พัฒนาตัวแปรตามอื่น ๆ

อ้างอิง

- กรรณิการ์ สุพิชญ์ และสันติ วิจักขณาลัญญ์. (2558). ผังกราฟิก: เครื่องมือช่วยการเรียนรู้ Graphic organizers : Effective learning tool. *วารสารศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 11(2).
<https://journal.la.ubu.ac.th/pdf/book11-2-2558.pdf>
- เจมส์ เบลันคา, และรอน แบนด์. (2562). *21st Century Skill: Rethinking How Student Learn* [ทักษะแห่งอนาคตใหม่: การศึกษาเพื่อศตวรรษที่ 21] บุ๊คสเคป.
- ทิตนา แชมมณี. (2560). *ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. (พิมพ์ครั้งที่ 21). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บรรจง อมรชิววัน. (2556). *Critical Thinking การคิดอย่างมีวิจารณญาณ*. ภาพพิมพ์.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และพะเยาว์ ยินดีสุข. (2563). *การเรียนรู้เชิงรุกแบบรวมพลังกับ PLC เพื่อการพัฒนา*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โลนการ์ กิริสตี. (2563). *Phenomenal Learning from Finland* [Phenomenon Learning: นวัตกรรมการเรียนรู้แห่งอนาคตแบบฟินแลนด์]. บุ๊คสเคป.
- วิจารณ์ พานิช. (2556). *การสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21*.
<https://www.scbfoundation.com/stocks/5a/file/1381311572hbs6y5apdf/การสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่%20๒๑.pdf>
- ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท).
<https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2018-fullreport/>
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*.
https://drive.google.com/file/d/1mKyU6tkVWL5b6vfwHNEzqkqVXf_H-m/view
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579*.
<http://www.lampang.go.th/public60/EducationPlan2.pdf>
- อุบลรัตน์ เฟ็งสฤติย์. (2542). *จิตวิทยาพัฒนาการเด็ก*. <http://old-book.ru.ac.th/e-book/inside/html/dlbook.asp?code=PC297>

กระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก ที่มีต่อการคิด
วิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สาระภูมิศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

อนิตตา วุ่นสังข์^{1*} กิตติธัช คงชะวัน² และ นพเก้า ณ พัทลุง³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกก่อนเรียนและหลังเรียน 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 26 คน ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก จำนวน 10 แผน แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า t-test ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ : กระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน, เทคนิคผังกราฟิก, การคิดวิเคราะห์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

¹ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000

² อาจารย์ ดร. สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000

¹ Student, Master of Education (Curriculum and Instruction), Faculty of Education Songkhla, Thaksin University Songkhla 90000

² Dr, Master of Education (Curriculum and Instruction), Faculty of Education Songkhla, Thaksin University Songkhla 90000 (Advisors)

³ Assistant Professor Dr, Master of Education (Curriculum and Instruction), Faculty of Education Songkhla, Thaksin University Songkhla 90000 (Co Advisors)

*Corresponding author: woo.anitta@gmail.com

**5STEPS Collaborative Learning Process (Co-5STEPS) and Graphic Organizer Technique
Affecting Analytical Thinking Ability and Learning Achievement in
Geography Subject of 5th Grade Primary Students**

Anitta Woonsangtam^{1*}, Kittithaj Khongchawan² and Noppakao Naphatthalung³

Abstract

The objectives of the research were; 1) to compare the analytical thinking ability of fifth-grade students before and after being taught using the 5STEPS collaborative learning process (Co-5STEPS) together with graphic organizer techniques, 2) to compare learning achievements of fifth-grade students before and after being taught using the 5STEPS collaborative learning process (Co-5STEPS) together with graphic organizer techniques, and 3) to study the satisfaction of fifth-grade students toward being taught using the 5STEPS collaborative learning process (Co-5STEPS) together with graphic organizer techniques. The participants were 26 fifth-grade students, selected using a cluster sampling method. Tools employed in the research were ten lesson plans using the 5STEPS collaborative learning process together with graphic organizer techniques, a test measuring analytical thinking ability, and a test measuring learning achievement. Statistics used to analyze data were mean, standard deviation, and t-test. The research revealed; 1) the students' analytical thinking ability, after being taught using the 5STEPS collaborative learning process (Co-5STEPS) together with graphic organizer techniques, was higher than before with a significance level of 0.01, 2) the students' learning achievement after being taught using 5STEPS collaborative learning process together with graphic organizer techniques, was higher than before with a significance level of 0.01, and 3) the students' satisfaction after being taught using 5STEPS collaborative learning process together with graphic organizer techniques, was at the highest level.

Keywords: 5 STEPs Collaborative Learning Process (Co-5 STEPs), Graphic Organizer Technique, Analytical Thinking, Learning Achievement

บทนำ

สังคมโลกในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วในทุก ๆ ด้าน จึงจำเป็นต้องมีทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skill) โดยมีสาระวิชาหลัก (Core Subjects) ประกอบด้วย ภาษาแม่และภาษาโลก ศิลปะ คณิตศาสตร์ การปกครองและหน้าที่พลเมือง เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภูมิศาสตร์ และประวัติศาสตร์ ดังนั้นภูมิศาสตร์จึงเป็นหนึ่งในกลุ่มสาระวิชาหลักของการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งกำหนดเนื้อหาความรู้เกี่ยวกับปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสาระการเรียนรู้ภูมิศาสตร์จึงเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของคนเรา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

จากการศึกษารายงานการประเมินตนเองของโรงเรียนก็พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ได้เกรด ๓ ขึ้นไป ร้อยละ ๗๕ ซึ่งไม่เป็นไปตามเป้าหมายของสถานศึกษากำหนดที่ร้อยละ ๘๐ อีกทั้งตัวชี้วัดที่เกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ให้นักเรียนได้คะแนนต่ำกว่าตัวชี้วัดอื่น และจากการสังเกตกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่ายังใช้กระบวนการเรียนรู้ที่มีครูเป็นศูนย์กลาง ไม่ค่อยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง นักเรียนไม่กล้าแสดงความคิดเห็นโต้แย้งกับเพื่อนหรือครู อีกทั้งครูยังใช้วิธีการสอนแบบบรรยายและเน้นให้นักเรียนท่องจำ ซึ่งควรมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการเรียนรู้ที่มีครูเป็นศูนย์กลางให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง เน้นการแลกเปลี่ยน แสดงความคิดเห็นโต้แย้งกันระหว่างเพื่อนร่วมห้องและครู

กระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) เป็นแนวการสอนหนึ่งของการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนมีการปฏิบัติกิจกรรมแบบทำงานกลุ่มรวมพลัง โดยทุกคนร่วมด้วยช่วยกัน เด็กเก่งช่วยเด็กเรียนช้ากว่า (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์และเพยาว์ ยินดีสุข, 2565) ซึ่งเป็นกระบวนการที่จะช่วยพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากการทำให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงาน ได้แสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ช่วยเสริมสร้างกระบวนการคิด การปฏิบัติงาน อีกทั้งการสอนโดยใช้เทคนิคผังกราฟิก ซึ่งมีลักษณะเป็นแผนภาพ ประกอบด้วยความคิดหรือข้อมูลสำคัญๆ ที่เชื่อมโยงกันอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งทำให้เห็นโครงสร้างของความรู้หรือเนื้อหาสาระนั้น ๆ เพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาสาระนั้นได้ง่ายขึ้นเร็วขึ้น และจดจำได้นานขึ้น (ทีศนา เขมมณี, 2564) และช่วยให้ผู้เรียนรู้จักจัดข้อมูลต่าง ๆ อธิบายให้เป็นระบบชัดเจน สามารถจัดข้อมูลแยกออกเป็นประเภทหรือลักษณะต่าง ๆ รู้จักคิดจากรูปธรรมเป็นนามธรรม รวมทั้งช่วยให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์และตีความข้อมูล (วลัย อิศรางกูร ณ อยุธยา, 2554)

จากความเป็นมาและปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก มาพัฒนาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสาระภูมิศาสตร์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านคลองโตน จังหวัดตรัง เพื่อก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนวิชาสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม

วิธีการวิจัย

1. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.1 เพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกก่อนเรียนและหลังเรียน
- 1.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกก่อนเรียนและหลังเรียน
- 1.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก

2. สมมติฐานของการวิจัย

2.1 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีการคิดวิเคราะห์ โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.2 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.3 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก อยู่ในระดับมาก

3. นิยามศัพท์เฉพาะ

3.1 กระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้เชิงรุก เน้นการทำงานแบบกลุ่ม ให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเสนอสิ่งเร้าและรวมพลังระบุคำถามสำคัญ (Stimulating and Key Questioning Collaboratively) หมายถึง กระบวนการที่ทำให้ผู้เรียนสงสัยจากสิ่งเร้า หรือความรู้เดิมจากคาบที่แล้ว ซึ่งครูจะนำเสนอวิดีโอหรือรูปภาพ ชวนให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งคำถาม ขั้นตอนที่ 2 ขั้นรวมพลังแสวงหาสารสนเทศและวิเคราะห์ (Searching and Analyzing Collaboratively) หมายถึง กระบวนการที่ทำให้ผู้เรียนได้พิสูจน์สมมติฐาน เพื่อหาคำตอบของคำถาม ครูกับผู้เรียนร่วมกันวางแผนโดยใช้แผนผังกราฟิก ซึ่งนักเรียนจะได้ทำใบงานร่วมกับเพื่อนในกลุ่มเพื่อช่วยกันแสวงหาความรู้ ขั้นตอนที่ 3 ขั้นรวมพลังอภิปรายและสร้างความรู้ (Discussing and Constructing Collaboratively) หมายถึง กระบวนการสื่อความหมายของข้อมูลหลังจากการวิเคราะห์ข้อมูล โดยผู้เรียนมีโอกาสนำเสนอความรู้ที่ได้ศึกษาด้วยตนเอง และหากเพื่อนมีประเด็นโต้แย้งก็สามารถโต้แย้งระหว่างกันได้ ขั้นตอนที่ 4 ขั้นรวมพลังสื่อสารและสะท้อนคิด (Communicating and Reflecting Collaboratively) หมายถึง กระบวนการที่ผู้เรียนนำเสนอความรู้ ที่ได้จากการสร้างความรู้ด้วยความเข้าใจหน้าชั้น เพื่อฝึกบุคลิกภาพ และนักเรียนสามารถสะท้อนข้อดี ข้อบกพร่องร่วมกัน และขั้นตอนที่ 5 ขั้นรวมพลังประยุกต์และตอบแทนสังคม (Applying and Serving Collaboratively) หมายถึง กระบวนการที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างกันเพื่อนำไปช่วยกันประยุกต์ความรู้ นำเสนอเผยแพร่ชิ้นงาน เพื่อสร้างประโยชน์สู่สังคมต่อไป

3.2 การคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการมองเห็นรายละเอียด และจำแนกแยกแยะข้อมูลองค์ประกอบออกเป็นส่วนย่อย ๆ และจัดเป็นหมวดหมู่ เพื่อค้นหาความจริง ความสำคัญ ได้แก่ การวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นความสามารถในการแยกแยะความสำคัญได้ถูกต้องเหมาะสม การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการค้นหาความสัมพันธ์ เชื่อมโยงกันอย่างไรสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด และการวิเคราะห์หลักการ เป็นการค้นหาความคิดรวบยอดของความสำคัญ

3.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญาในการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม ซึ่งได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ 1. ความรู้ความจำ (Knowledge) เป็นความสามารถในการจดจำสิ่งที่เรารู้มาแล้วด้วยวิธีต่าง ๆ 2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการแปลความ ตีความ และขยายความรู้จากสิ่งที่ได้เรารู้มา โดยใช้ถ้อยคำ สำนวนภาษาของตนเอง 3. การนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถในการนำหลักวิชา วิธีการ หลักการ ทฤษฎี กฎ ที่ได้เรารู้มาไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ 4. การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะข้อมูลที่ได้รับเพื่อหาส่วนย่อย ๆ ของเหตุการณ์ ว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไร มีสาเหตุมาจากอะไร

4. กรอบแนวคิดการวิจัย

ตัวแปรต้น

กระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก

ขั้นที่ 1 ขั้นเสนอสิ่งเร้าและรวมพลังระบุคำถามสำคัญ

ขั้นที่ 2 ขั้นรวมพลังแสวงหาสารสนเทศและวิเคราะห์ร่วมกับผังกราฟิก

ขั้นที่ 3 ขั้นรวมพลังอภิปรายและสร้างความรู้

ขั้นที่ 4 ขั้นรวมพลังสื่อสารและสะท้อนคิด

ขั้นที่ 5 ขั้นรวมพลังประยุกต์และตอบแทนสังคม



ตัวแปรตาม

1. การคิดวิเคราะห์
 - การวิเคราะห์ความสำคัญ
 - การวิเคราะห์ความสัมพันธ์
 - การวิเคราะห์หลักการ
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - ความรู้ ความจำ
 - ความเข้าใจ
 - การนำไปใช้
 - การวิเคราะห์
3. ความพึงพอใจ
 - ด้านสาระการเรียนรู้
 - ด้านการจัดการเรียนการสอน
 - ด้านการวัดและประเมินผล

5. การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย

5.1 ทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์กลุ่มสาระสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม จำนวน 30 ข้อ เวลา 40 นาที เพื่อเก็บคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนไว้เปรียบเทียบกับคะแนนที่ได้จากการทดสอบหลังเรียน

5.2 ทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม จำนวน 30 ข้อ เวลา 40 นาที เพื่อเก็บคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนไว้เปรียบเทียบกับคะแนนที่ได้จากการทดสอบหลังเรียน

5.3 จัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 10 แผน สัปดาห์ละ 2 วัน เป็นเวลา 20 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเอง

5.4 ทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม จำนวน 30 ข้อ เวลา 40 นาที

5.5 ทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม จำนวน 30 ข้อ เวลา 40 นาที

5.6 วัดความพึงพอใจด้วยแบบวัดความพึงพอใจต่อกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก จำนวน 15 ข้อ เวลา 15 นาที

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 26 คนที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนบ้านคลองโตน จังหวัดตรัง กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยวิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก จำนวน 10 แผน จำนวนเวลา 20 ชั่วโมง มีค่า IOC เท่ากับ 1.00

2.2 แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ เป็นแบบปรนัย เลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.2 – 0.73 โดยแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.86

2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.2 – 0.76 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.2 – 0.53 โดยแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84

2.4 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนโดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก มี 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางแสดงผลการศึกษาคิดวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

แบบวัดการคิดวิเคราะห์	คะแนนเต็ม	\bar{x}	S.D.	t
คะแนนก่อนเรียน	30	11.62	4.82	15.03**
คะแนนหลังเรียน	30	20.35	3.62	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง แสดงให้เห็นว่าการคิดวิเคราะห์ โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่าง พบว่า นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางแสดงผลการศึกษาคัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	คะแนนเต็ม	\bar{x}	S.D.	t
คะแนนก่อนเรียน	30	13.88	4.08	19.28**
คะแนนหลังเรียน	30	20.19	4.01	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง แสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่าง พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก

ตารางแสดงผลการศึกษาคัดความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	แปลผล
1. ด้านสาระการเรียนรู้	4.52	0.74	มากที่สุด
2. ด้านการจัดการเรียนการสอน	4.53	0.84	มากที่สุด

3. ด้านการวัดและประเมินผล	4.46	0.81	มาก
รวม	4.51	0.80	มากที่สุด

จากตารางแสดงผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อมีต่อกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

1. การคิดวิเคราะห์โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 การคิดวิเคราะห์ที่มีคะแนนโดยเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 11.62 คะแนน และค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 20.35 คะแนน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนก่อนเรียนเท่ากับ 4.82 หลังเรียนเท่ากับ 3.62 ดังจะเห็นได้ว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่ากระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) เป็นแนวการสอนหนึ่งของการเรียนรู้เชิงรุก เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง การปฏิบัติกิจกรรมแบบกลุ่มรวมพลัง ทำให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ ตลอดจนนำไปสู่การปฏิบัติ ซึ่งในกระบวนการเรียนรู้นักเรียนมีโอกาสดำเนินการได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมนำไปสู่การพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน สอดคล้องกับทฤษฎี โตะดำ (2565) ได้ศึกษาการศึกษากระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO-5STEPS) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สาระเศรษฐศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO-5STEPS) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก มีคะแนนโดยเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 13.88 คะแนน และค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 20.19 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนก่อนเรียนเท่ากับ 4.08 หลังเรียนเท่ากับ 4.01 จะเห็นได้ว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสาระภูมิศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า การจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มุ่งให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และพัฒนาการคิด ทำให้นักเรียนมีความคิดและประสบการณ์ใหม่ ๆ ได้ใช้กระบวนการทางสติปัญญา เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน เช่น การกระตุ้นคิดสิ่งใหม่ๆ นำไปสู่การแสวงหาองค์ความรู้ และการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง การทำงานร่วมกับผู้อื่น การแสดงความคิดเห็น รวมถึงการแสดงออกถึงผลงานของตนเอง สอดคล้องกับภคพันธ์ แซ่มรัมย์ (2563) ได้ศึกษาการศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ตัวกลางของแสง ด้วยกระบวนการเรียนรู้แบบ CO - 5STEPS โดยใช้วิธีการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ผ่านชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเรื่องตัวกลางของแสงด้วยกระบวนการเรียนรู้แบบ CO-5 STEPS โดยใช้วิธีการพัฒนาบทเรียนร่วมกันผ่านชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก พบว่าในภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนชอบบรรยากาศในการเรียนรู้ ชอบกิจกรรมต่าง ๆ ทำท่ายทั้งด้านการคิด การแสดงออก รวมทั้งในการจัดกิจกรรมได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นของตนเอง และรู้จักการรับฟังความคิดเห็น

ของผู้อื่นเช่นเดียวกัน ประกอบกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกระบวนการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน (CO - 5 STEPs) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกการคิดวิเคราะห์ ด้านการวัดและประเมินผล ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ สามารถแสดงความคิดเห็นของตน ซึ่งสอดคล้องกับชญาณิศ ดวงระหว่า (2560) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ 5 STEPs เรื่องปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ 5 STEPs โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

อ้างอิง

- Cynthia C. Griffin, Linda Duncan Malone, & Edward J. Kameenui. (2010). Effects of Graphic Organizer Instruction on Fifth-Grade Students. *The Journal of Educational Research*, 89(2), 98–107.
- Jesús Armando DelgadoMeza, Martha Lenis Castro Castro, & Ricardo Vicente JaimeVivas. (2022). The diagram as a mediator in collaborative learning: A conceptual review. *ScienceDirect*, 35.
- กรมวิชาการ. (2551). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม. โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางสาระภูมิศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- ทิศนา แคมมณี. (2564). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 25). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประพันธ์ศิริ สุสุราช. (2556). การพัฒนาการคิด (พิมพ์ครั้งที่ 5). โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิคพรีนติ้ง.
- พิชาติ แก้วพวง. (2563). ศาสตร์การจัดการเรียนรู้สังคมศึกษา. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพียว ยินดีสุข. (2563). การเรียนรู้เชิงรุกแบบรวมพลังกับPLC เพื่อการพัฒนา (พิมพ์ครั้งที่ 4). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วารจกนา โตโพธิ์ไทย. (2563). สื่อสังคมเพื่อการศึกษา. วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา, 16(20), 1–15.
- วลัย อิศรางกูร ณ อยุธยา. (2554). ครูสังคมศึกษากับการพัฒนาทักษะแก่นักเรียน. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วัชร เล่าเรียนดี และคณะ. (2560). กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อพัฒนาการคิดและยกระดับคุณภาพการศึกษา สำหรับศตวรรษที่ 21 (พิมพ์ครั้งที่ 12). บริษัท เพชรเกษมพรีนติ้ง กรุ๊ป จำกัด.
- วิวัฒน์ ชัดติยะมาน และอมลวรรณ วีระธรรมโม. (2549). การสอนเพื่อพัฒนาการคิด (พิมพ์ครั้งที่ 2). เหมการพิมพ์สงขลา.
- วิภาพรรณ พินลา และวิภาดา พินลา. (2561). การจัดการเรียนรู้สังคมศึกษาในยุคศตวรรษที่ 21. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมนึก ปฏิปทานนท์. (2546). การพัฒนาการเรียนการสอนวิชาสังคมศึกษาด้านมนทัศน์ทางภูมิศาสตร์ โดยวิธีเทคนิคผังกราฟิก. วารสารครุศาสตร์, 31(3), 69–74.

การพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H
และ KWL สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านทุ่งไพล
กฤติมา สุวรรณโร^{1*} นัจวา ปู่เต๊ะ² ชิตดา มะดำ³ มัยดี แวดราแม่⁴ และนพรัฐ เสน่ห์⁵

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL ในการพัฒนาทักษะการจับใจความสำคัญที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อศึกษาผลของการใช้สื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL เพื่อพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL งานวิจัยนี้ใช้การวิจัยเชิงทดลองแบบกลุ่มเดียววัดเฉพาะผลหลังเรียน (one-group posttest design) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียน บ้านทุ่งไพล จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้วิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ทักษะการอ่านจับใจความสำคัญด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL จำนวน 13 แผน 2) แบบทดสอบหลังเรียน และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนแบบวัดประมาณค่า 3 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ร้อยละ (%) ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน E_1/E_2 และ One Sample T-test

ผลการวิจัยพบว่า 1) สื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL มีประสิทธิภาพ 80.67/80.25 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 2) คะแนนทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ทักษะการอ่านจับใจความสำคัญด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.05 คะแนน (S.D. = 3.30) คะแนนทดสอบหลังเรียนโดยเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL มีภาพรวมอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =2.49 S.D.=0.14) โดยประเด็นเรื่องภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (\bar{X} =2.85 S.D.=0.49) รองลงมาคือ สื่อมีความสวยงาม (\bar{X} =2.80 S.D.=0.52) และวิธีการสอนของคุณครูทำให้สามารถจับประเด็นสำคัญในเรื่องที่อ่านได้ง่ายมากยิ่งขึ้น (\bar{X} =2.65 S.D.=0.49) ตามลำดับ

คำสำคัญ: ทักษะการอ่านจับใจความสำคัญ, Edutainment, 5W1H, KWL

1,2,3 นักศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์ วิชาเอกภาษาไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี 94000

4,5 อาจารย์ที่ปรึกษา, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี 94000

*Corresponding Author: E-mail: 6220117112@email.psu.ac.th

The Development of Comprehensive Reading Skill Using Edutainment with 5W1H and KWL Technique for Grade 4 Students at Banthungplai School

Krittima Suwanro^{1*} Najwa Puteh² Chathita Madam³ Mahdee Waedramae⁴ and Nopparut Sanah⁵

Abstract

The aims of this research were to: 1) create Edutainment with 5W1H and KWL technique for developing comprehensive reading to meet the efficiency criteria of 80/80 2) study effect of Edutainment with 5W1H and KWL technique for developing comprehensive reading 3) study the students' satisfaction with learning toward Edutainment with 5W1H and KWL. The researchers use experimental research designs. One group posttest design was used in this research. The sample group was 20 grade 4 students at Banthungplai School. The research instruments consisted of 1) 13 comprehensive reading skill by using Edutainment with 5W1H and KWL Technique lesson plans. 2) post comprehensive reading skill test 3) 3 – point Likert scale students' satisfaction questionnaire. Data were analyzed by percentage (%), mean (\bar{x}), standard deviation (S.D.), E_1/E_2 and One Sample T-test.

The results showed that 1) The Edutainment with 5W1H and KWL technique had efficiency of 80.67/80.25 which was higher than the prescribed criteria of 80/80. 2) the average post - test scores was 16.05 points (S.D. = 3.30). The Post – test score had higher score than prescribed criteria at a confidence level of .05. 3) After learning, The students were satisfied with learning management by using edutainment with 5W1H and KWL Technique at a high level (\bar{x} =2.49 S.D.=0.14). The relationship between contents and Illustrations has the highest scores (\bar{x} =2.85 S.D.=0.49), the instructional media are beautiful (\bar{x} =2.80 S.D.=0.52) and the teachers' teaching method improved students' comprehensive reading skill (\bar{x} =2.65 S.D.=0.49), respectively.

Keywords: comprehensive reading skill, Edutainment, 5W1H, KWL

1,2,3 Student, Faculty of Education, Prince of Songkla University Pattani 94000

4,5 Advisor, Faculty of Education, Prince of Songkla University Pattani 94000

*Corresponding Author: E-mail: 6220117112@email.psu.ac.th

บทนำ

โรงเรียนบ้านทุ่งไพล อำเภอสระบัวชัย จังหวัดสงขลาเป็นโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา สงขลา เขต 3 ในเขตพื้นที่พิเศษหรือพื้นที่จังหวัดชายแดนใต้ (ปัตตานี ยะลา นราธิวาส รวมถึงสี่อำเภอในจังหวัดสงขลา ได้แก่ อำเภอยะนะ อำเภอกงหรา อำเภอเทพา อำเภอนาทวี และอำเภอสระบัวชัย) (สำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดยะลา, 2565 : 1) ด้วยบริบทดังกล่าว อาจส่งผลให้กระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำสื่อมัลติมีเดียที่แปลกใหม่มากระตุ้นการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน ยังไม่บรรลุผล นอกจากนี้ รายได้ของผู้ปกครองไม่สามารถสนับสนุนสื่อมัลติมีเดียทั่วไปให้แก่ผู้เรียน ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้ผู้เรียนขาดโอกาสเข้าถึงสื่อมัลติมีเดียที่จะมาส่งเสริมการเรียนรู้ กอรปกับการสังเกตปัญหาที่คณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่พบว่า นักเรียนขาดทักษะด้านการเรียนรู้หลายวิชา หนึ่งในนั้นคือ “การเรียนรู้ภาษาไทย” และจากการสัมภาษณ์คุณครูจริญญา บัวแก้ว โรงเรียนบ้านทุ่งไพล ซึ่งรับผิดชอบสอนผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาภาษาไทย ก็พบปัญหาการเรียนการสอนภาษาไทยดังนี้ “...ปัญหาการเรียนการสอนภาษาไทย คือ นักเรียนขาดทักษะการอ่านและเขียน ไม่สามารถจับประเด็นสำคัญของสารได้และโดยเฉพาะหลังจากเกิดการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด - 19 ส่งผลกระทบต่อการจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก ยิ่งเกิดปัญหามากขึ้นเมื่อนักเรียนกลับมาเรียนที่โรงเรียน...” ประเด็นดังกล่าวจึงท้าทายความสามารถของผู้สอนในมิติการออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้ การสร้างสื่อมัลติมีเดีย และประยุกต์ศาสตร์การสอนให้เข้ากับสื่อมัลติมีเดียอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะการประยุกต์สื่อมัลติมีเดียที่น่าสนใจและเหมาะกับวัยของผู้เรียนเพื่อพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญ ซึ่งเป็นประเด็นปัญหาหลักที่ผู้สอนต้องเร่งแก้ไขและพัฒนาผู้เรียนอย่างเร่งด่วน สอดคล้องกับกิติยวดี บุญเชื้อ (2550 : 117) ที่ได้กล่าวถึงปัญหาของการอ่านจับใจความสำคัญว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถอ่านออกเขียนได้อย่างคล่องแคล่ว แต่ไม่สามารถจับใจความสำคัญได้ ทำให้การอ่านไม่มีความหมายและไม่มีความประโยชน์ เพราะไม่เข้าใจหรือไม่ได้สาระความรู้จากเรื่องที่อ่าน นอกจากนี้ ยศวิทย์ สายฟ้า (2565 : ออนไลน์) ได้กล่าวว่า ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด - 19 ผู้สอนยังต้องใช้ความสามารถในการฟื้นฟูภาวะการเรียนรู้ถดถอย (Learning Loss) ที่เกิดแก่ผู้เรียน เมื่อผู้เรียนกลับมาเรียนในสถานศึกษา หลังจากโรคระบาดโควิด - 19 คลี่คลายลง พบว่าขาดการพัฒนาทักษะด้านการอ่าน อนึ่งการพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญในช่วงเวลาที่ผู้เรียนประสบกับภาวะการเรียนรู้ถดถอย (Learning Loss) ถือเป็นประเด็นที่สำคัญ เพราะทักษะการอ่านจับใจความสำคัญเป็นเครื่องมือพื้นฐานในการเรียนรู้ ทั้งยังเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับผู้เรียนได้ใช้ความรู้หรือทักษะที่ได้จากการอ่านจับใจความสำคัญมาประยุกต์ใช้ในศาสตร์อื่น รวมทั้งสามารถใช้ทักษะดังกล่าวพัฒนาตนเองสู่การเป็นผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 และสามารถสร้างโอกาสการเรียนรู้อย่างยั่งยืนได้อีกด้วย

การออกแบบการจัดการเรียนรู้อย่างหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมในปัจจุบัน ไม่มีค่าใช้จ่าย น่าสนใจ และมีงานวิจัยรองรับว่าสามารถกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียน สร้างแรงบันดาลใจ รวมทั้งสามารถบูรณาการร่วมกับองค์ความรู้หรือทักษะในศาสตร์อื่นได้คือ “การจัดการเรียนรู้รูปแบบ Edutainment” วิจารย์ พานิช (2555 : 3-4) กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้รูปแบบ Edutainment (Edutainment + Entertainment) หรือ ‘ความบันเทิงเพื่อการเรียนรู้’ ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนสามารถผสมผสานการจัดการเรียนรู้อื่น ๆ เข้าไว้ด้วยกัน คือ สื่อมัลติมีเดีย การจัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน และกิจกรรมอื่น ๆ ตามแนวคิดเรียนปนเล่น (Play & Learn) ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเพลิดเพลิน สนุกสนาน และอยากทำกิจกรรมนั้นอีก Edutainment ยังเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนสามารถนำสื่อที่หลากหลาย เช่น ภาพยนตร์ ดนตรี รายการโทรทัศน์ เกม อินเทอร์เน็ต และซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์อื่น ๆ ที่ดัดแปลงเนื้อหาภายในให้เหมาะสมกับผู้เรียนโดยใช้กราฟิก ภาพ แสง เสียง ที่เร้าใจ เพื่อช่วยในการเรียนรู้พร้อมทั้งนำความบันเทิงมาเป็นสิ่งดึงดูดใจและสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ ทั้งนี้หากผู้สอนนำมาประยุกต์ร่วมกับทฤษฎีการเรียนการสอนอื่น ๆ ยิ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการเรียนรู้อื่นๆ เพิ่มขึ้น (เทียมยศ ปะสาวะโน, 2556 : 159)

ในการศึกษาของพีระเสก บริสุทธิ์บัวทิพย์ (2561 : 137-140) ซึ่งได้นำแนวคิด Education มาประยุกต์กับการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับทางเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลักภาษาไทยและความสุขในการเรียนพบว่า ผู้เรียนที่ทำ

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด Education ในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น ใช้ดนตรีหรือเสียงเพลงเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน ใช้เกมเพื่อบูรณาการกิจกรรมการเรียนการสอน และใช้สื่อประสมเพื่อให้ผลสัมฤทธิ์เกิดแก่ผู้เรียนมากที่สุด ทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ กระตือรือร้น ไม่เครียดขณะทำกิจกรรม การจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อ Edutainment จึงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) กล่าวคือสามารถกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความสุข สนุกสนาน ทั้งยังสร้างแรงบันดาลใจและบรรยากาศแห่งการเรียนรู้ในห้องเรียน อาจกล่าวได้ว่า การใช้สื่อ Edutainment บูรณาการร่วมกับการสอนอ่านจับใจความสำคัญจะช่วยให้ห้องเรียนกลายเป็นห้องเรียนเชิงบวกและพัฒนาทักษะสำคัญที่ผู้เรียนขาดหายไปจากภาวะการเรียนรู้ถดถอย (Learning Loss)

นอกจากสื่อมัลติมีเดีย Edutainment จะกระตุ้นผู้เรียนและสร้างบรรยากาศเชิงบวกในห้องเรียนได้แล้ว การออกแบบเทคนิควิธีของผู้สอนก็มีความสำคัญเช่นกัน จากการศึกษาปัญหาและสัมภาษณ์ผู้สอนในโรงเรียนบ้านทุ่งพลึงที่กล่าวไปข้างต้นพบว่า ทักษะการอ่านจับใจความสำคัญเป็นทักษะหนึ่งที่ผู้เรียนควรพัฒนามากที่สุด คณะผู้วิจัยจึงศึกษาเทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้เรื่องดังกล่าวจากตำราและงานวิจัยที่สามารถพัฒนาทักษะดังกล่าวให้สอดคล้องกับช่วงวัยและผู้เรียนมากที่สุดพบว่า เทคนิคการสอน 5W1H เป็นเทคนิคที่น่าสนใจ เหมาะสมกับวัย เนื้อหา (Text) ตามสาระการเรียนรู้แกนกลางและสามารถพัฒนาการอ่านจับใจความสำคัญได้ เทคนิคการสอน 5W1H ประกอบด้วยการใช้เทคนิคคำถาม 5W1H คือ ตั้งคำถามใคร (Who) ทำอะไร (What) ไหน (Where) เมื่อไร (When) อย่างไร (How) และเพราะอะไร (Why) (จิตวิวัฒน์ ชัตติยะมาน และอมลวรรณ วีระธรรมโม, 2549 : 85-86)

ศศิมา สุขสว่าง (2562) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H ว่าทำให้ผู้เรียนได้รู้ข้อเท็จจริงรู้เหตุผลเบื้องหลังของสิ่งที่เกิดขึ้น เข้าใจความเป็นมาเป็นไปของเหตุการณ์นั้น สามารถใช้เป็นฐานความรู้ในการนำไปใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหาที่สมเหตุสมผลและสามารถประมาณความน่าจะเป็นได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของภัทรสุดา นาคสุข (2564 : 109-113) ที่ได้กล่าวถึงประโยชน์ของเทคนิคการสอน 5W1H ร่วมกับวรรณกรรมท้องถิ่นภาคกลางว่า หลังจากจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอน 5W1H ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญได้ดีขึ้น เนื่องจากเทคนิคดังกล่าวเป็นการตั้งคำถามเพื่อค้นหาใจความสำคัญของเรื่อง ซึ่งส่งเสริมกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบให้กับผู้เรียน ผู้เรียนจะจับใจความสำคัญผ่านการอ่านวรรณกรรมท้องถิ่นภาคกลางที่บอกเล่าเรื่องราวที่มาของสถานที่ที่ผู้เรียนคุ้นเคยและรู้จัก ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและกระตือรือร้นที่จะอ่านจับใจความสำคัญ

นอกจากเทคนิค 5W1H จะเป็นเทคนิคการสอนที่สามารถพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความให้กับผู้เรียนแล้ว เทคนิคการสอน KWL ก็เป็นอีกเทคนิควิธีหนึ่งที่ผู้สอนสามารถนำมาจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญได้ เนื่องจากมีกรอบและแนวทางให้ฝึกคิดเป็นลำดับ ทั้งนี้เทคนิคการสอน KWL มีขั้นตอนคือ K : (What we know) ผู้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับเรื่องที่อ่าน W : (What we want to know) ผู้เรียนต้องการรู้อะไรเกี่ยวกับเรื่องที่อ่าน และ L : (What we have learned) ผู้เรียนได้เรียนรู้อะไรจากเรื่องที่อ่าน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีพัฒนาการการอ่านจับใจความสำคัญได้เป็นลำดับและสามารถนำไปปรับใช้ในการแสวงหาความรู้ในเรื่องอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (วัชรรา เล่าเรียนดี, 2547 : 92-94) สอดคล้องกับงานวิจัยของจินดารัตน์ ฉัตรสอน (2560 : 148) ที่ได้พัฒนาการอ่านจับใจความสำคัญด้วยเทคนิค KWL ร่วมกับแบบฝึกพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ได้เริ่มต้นจากการกระตุ้นประเด็นประสบการณ์เดิมของผู้เรียนโดยบันทึกความรู้เดิมที่มีต่อหัวข้อเรื่องนั้น ๆ หลังจากนั้นฝึกตั้งคำถามว่าจะพบข้อมูลอะไรบ้างเกี่ยวกับเรื่องที่จะอ่าน ในขณะที่อ่านให้ผู้เรียนตอบคำถามที่ได้ตั้งคำถามไว้ หลังจากอ่านจะมีการอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการอ่าน โดยผู้เรียนและผู้สอนจะร่วมกันทบทวนถึงคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่อยากรู้ว่าได้คำตอบที่ถูกต้องหรือไม่ จะเห็นว่าเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL เป็นเทคนิคการสอนที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ในทักษะการอ่านจับใจความสำคัญ ในที่นี้คณะผู้วิจัยได้บูรณาการแนวคิด Edutainment เทคนิคการสอนอ่านจับใจความสำคัญ 5W1H และ KWL จนเกิดเป็นนวัตกรรมกระบวนการสอนใหม่เรียกว่า **Comprehensive Reading Framework** ซึ่งจะได้แสดงไว้ในแผนภาพที่ 1

จากที่กล่าวมานำมาสู่การวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL ซึ่งนำสื่อ Edutainment ได้แก่ การสร้างการ์ตูนสนทนา (Comics) ในเว็บไซต์ Liveworksheets เกมออนไลน์ wordwall เกมปาลูกโป่งออนไลน์ และเกมบันไดงูออนไลน์ เพื่อสร้างสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และเทคนิคการสอน KWL ผ่านตัวบทที่เป็นเรื่องเล่าและประวัติของสถานที่สำคัญในท้องถิ่นจำนวน 3 ชุด 3 เรื่อง ซึ่งเป็นนวัตกรรมจัดการเรียนรู้ตามเกณฑ์ 80/80 พร้อมทั้งศึกษาการใช้สื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL และศึกษาระดับความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL

ต่อไปนี้คณะผู้วิจัยจะได้แสดงแผนภาพกระบวนการอ่านจับใจความสำคัญด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL



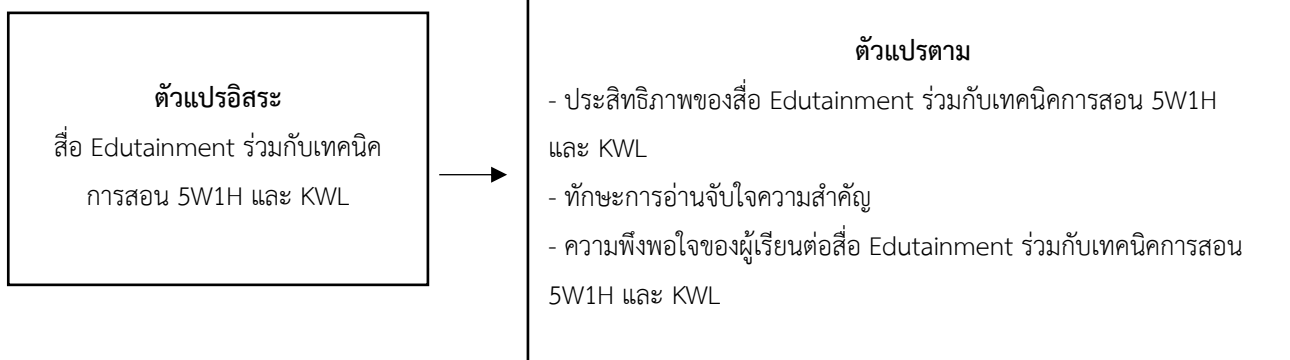
แผนภาพที่ 1 การใช้นวัตกรรมจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญ

วิธีการวิจัย

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อสร้างสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL ในการพัฒนาทักษะการจับใจความสำคัญที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
- 2) เพื่อศึกษาผลของการใช้สื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL
- 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL

2. กรอบแนวคิด



3. ขั้นตอนวิธีการวิจัย

ในการวิจัยมีวิธีการวิจัย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการทดลอง ขั้นการทดลอง และขั้นหลังทดลอง แสดงได้ดังนี้

1. ขั้นก่อนการทดลอง

คณะผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่างผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/2 โรงเรียนบ้านทุ่งไพล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 คณะผู้วิจัยได้ติดต่อขอความอนุเคราะห์จากโรงเรียนบ้านทุ่งไพล เพื่อขอใช้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 20 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ประสานงานผ่านผู้บริหารโรงเรียนและครูกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย

1.2 คณะผู้วิจัยได้สัมภาษณ์คุณครูกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/2 โรงเรียนบ้านทุ่งไพลเพื่อเป็นแนวทางคิดค้นนวัตกรรมพัฒนาทักษะการเรียนรู้ภาษาไทยของผู้เรียน

1.3 คณะผู้วิจัยเตรียมเครื่องมือวิจัยซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการอ่านจับใจความสำคัญ นวัตกรรม Comprehensive Reading Framework แบบทดสอบการอ่านจับใจความสำคัญ และแบบสอบถามความพึงพอใจ นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพและ

2. ขั้นการทดลอง

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ ประเมินผลหลังจากจัดการเรียนรู้ และประเมินความพึงพอใจ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กระบวนการจัดการเรียนรู้แต่ละคาบ

คาบที่	เทคนิคการสอน	สื่อ Edutainment	บทอ่านที่ใช้จับใจความสำคัญ
1 - 4	เทคนิค 5W1H	- เพลงกระตุ้นการเรียนรู้ - การ์ตูนบทสนทนา (Comics)	การ์ตูนบทสนทนา (Comics) เรื่องเล่าท่องถิ่น วัดถ้ำครก 5 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ครูมาพร้อมข่าวดีในเช้าวันสดใส ตอนที่ 2 ไปทัศนศึกษาที่วัดถ้ำครก ตอนที่ 3 ประวัติวัดถ้ำครก ตอนที่ 4 วัดถ้ำครกที่ไม่ได้มีแค่ถ้ำ ตอนที่ 5 บอกกลาสถานที่ศักดิ์สิทธิ์
5 - 8	เทคนิค 5W1H	- เกม wordwall - เกมปาลูกโป่งออนไลน์	ความเรียง 1 เรื่อง 3 ย่อหน้า เรื่องประวัติอำเภอสะทึงพระ

คาบที่	เทคนิคการสอน	สื่อ Edutainment	บทอ่านที่ใช้จับใจความสำคัญ
9 - 12	เทคนิค KWL	เกมบันไดงูออนไลน์	ความเรียง 1 เรื่อง 3 ย่อหน้า เรื่องวัดถ้ำตลอด
13	ทดสอบหลังเรียนเรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ และทำแบบประเมินความพึงพอใจ		

3. ชั้นหลังการทดลอง

คณะผู้วิจัยตรวจให้คะแนนแบบทดสอบและตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วนของข้อมูล ในกรณีที่ข้อมูลผลการทดสอบของผู้เรียนไม่ครบถ้วน คณะผู้วิจัยจะติดตามให้ผู้เรียนทดสอบเพิ่มเติม หลังจากนั้นได้จัดเตรียมบันทึกข้อมูลเพื่อจะวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) กลุ่มทดลองกลุ่มเดียว (Cluster Random Sampling) มีการวัดผลหลังการทดลอง (The one - group Posttest) ดังนี้



เมื่อกำหนดให้ X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL

O₂ หมายถึง การทดสอบหลังเรียนการอ่านจับใจความสำคัญ

2. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านทุ่งไพล อำเภอสระบัว้อย จังหวัดสงขลาทั้งหมด 3 ห้อง จำนวน 62 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 20 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบยกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัย

1. การวิเคราะห์สื่อ Education ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL คณะผู้วิจัยใช้ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ร้อยละ (%) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน E₁/E₂

2. การวิเคราะห์ผลของแบบทดสอบเรื่องการอ่านจับใจความสำคัญ คณะผู้วิจัยใช้สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และ One Sample T-test

3. การวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL ผู้วิจัยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 2.36 - 3.00 มีความพึงพอใจระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 1.68 - 2.35 มีความพึงพอใจระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.67 มีความพึงพอใจระดับน้อย

สรุปผลการวิจัย

1) จากการสร้างสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL มีผลประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 (E1/E2) ได้แก่ ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2) มีค่าเท่ากับ 80.67/80.25 สรุปได้ว่าการสร้างสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าประสิทธิภาพของสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL

N	คะแนน ประเมินจากกิจกรรมในสื่อชุดที่ 1			คะแนน ประเมินจากกิจกรรมในสื่อชุดที่ 2			คะแนน ประเมินจากกิจกรรมในสื่อชุดที่ 3			คะแนนเฉลี่ย ร้อยละ แบบทดสอบ หลังเรียน	ค่า ประสิทธิภาพ (E1/E2)
	คะแนน เต็ม	\bar{X}	ร้อยละ	คะแนน เต็ม	\bar{X}	ร้อยละ	คะแนน เต็ม	\bar{X}	ร้อยละ		
20	10	6.85	68.5	15	12.8	85.33	20	16.65	83.25	80.25	80.67/80.25

2) คะแนนทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.05 คะแนน (S.D. = 3.30) สรุปได้ว่า ผลคะแนนทดสอบหลังเรียนจากการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/2 โรงเรียนบ้านทุ่งไพล มีผลคะแนนเฉลี่ยการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลคะแนนทดสอบหลังเรียนจากการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL (คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70)

คะแนนสอบ หลังเรียน	n	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	% of Mean	t	Sig (1-taile)
	20	20	16.05	3.30	80.25	2.78	0.0060

3) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจต่อสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL ผู้เรียนมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =2.49 S.D.=0.14) โดยประเด็นเรื่องภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหาที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ สื่อมีความสวยงาม (\bar{X} =2.80 S.D.=0.52) และวิธีการสอนของคุณครูทำให้สามารถจับประเด็นสำคัญในเรื่องที่อ่านได้ง่ายมากยิ่งขึ้น (\bar{X} = 2.65 S.D.= 0.49) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4 อนึ่ง ผู้เรียนให้ข้อเสนอแนะมาในแบบประเมินความพึงพอใจว่าผู้เรียนต้องการให้มีกิจกรรมกลุ่มเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 4 ผลคะแนนความพึงพอใจจากแบบประเมินความพึงพอใจหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL

ประเด็นประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	\bar{X}	SD	แปลผล
1. เทคนิคการอ่านจับใจความมีความน่าสนใจ เข้าใจง่ายและสามารถนำไปใช้ได้จริง	2.35	0.59	ปานกลาง
2. วิธีการสอนของคุณครูทำให้สามารถจับประเด็นสำคัญในเรื่องที่อ่านได้ง่ายมากยิ่งขึ้น	2.65	0.49	มาก
3. นักเรียนเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น	2.50	0.69	มาก
4. แบบฝึกทักษะหลังเรียนสอดคล้องกับสิ่งที่เรียน	2.25	0.55	ปานกลาง
5. สื่อมีความเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน	2.25	0.64	ปานกลาง
6. ตัวอักษรในสื่อมีความเหมาะสม	2.55	0.60	มาก
7. สื่อมีความสวยงาม	2.80	0.52	มาก

8. สื่อมีรูปภาพประกอบที่ดึงดูดความสนใจ	2.45	0.51	มาก
9. ภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา	2.85	0.49	มาก
10. แบบฝึกทักษะเรียงลำดับ	2.25	0.64	ปานกลาง
ความยาก - ง่าย ได้เหมาะสม			
สรุปความพึงพอใจ	2.49	0.14	มาก

การอภิปรายผล

การพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านทุ่งไพล เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) กลุ่มทดลอง กลุ่มเดียว (Cluster Random Sampling) มีการวัดผลหลังการทดลอง (The one - group Posttest) สามารถอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1) การสร้างสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 80.67/80.25 จากผลการวิจัยดังกล่าวพบว่า ค่าประสิทธิภาพของการสร้างสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด เนื่องจากสื่อ Edutainment เมื่อนำมาผนวกกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL สามารถเป็นนวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญของผู้เรียนให้สูงขึ้นได้ เป็นสื่อที่กระตุ้นการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดความสุขสนุกสนานและสร้างบรรยากาศเชิงบวกในห้องเรียน นอกจากนี้คณะผู้วิจัยสังเกตว่าการจัดการเรียนรู้ที่นำตัวบทเกี่ยวกับเรื่องเล่าและประวัติของสถานที่สำคัญในห้องเรียนมาสร้างเป็นสื่อให้กับผู้เรียนได้อ่านจับใจความสำคัญนั้น สามารถสร้างความสนใจของผู้เรียนได้ และสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL ทั้ง 3 ชุด มีกิจกรรมที่หลากหลาย ทั้งเพลงกระตุ้นการเรียนรู้ที่นำมาใช้ในชั้นนำเข้าสู่บทเรียน การใช้การ์ตูนบทสนทนา (Comics) และเกมประกอบการจัดการเรียนรู้ในบทเรียน ส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญและยังส่งเสริมทักษะการใช้เทคโนโลยีของผู้เรียน เนื่องจากในกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้เรียนต้องใช้แอปพลิเคชันเพื่ออ่านตัวบท เล่นเกมออนไลน์ และทำกิจกรรม ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่กล่าวมา คณะผู้วิจัยสังเกตว่า ผู้เรียนให้ความสนใจวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ ด้วยการสอบถามวิธีการใช้งานเพิ่มเติม ทั้งยังมีประเด็นที่น่าสนใจจากการวิจัย คือ นักเรียนที่คาดหมายหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อชุดที่ 1 มีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ย จำนวน 7 คน แต่เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมการอ่านจับใจความสำคัญด้วยสื่อชุดที่ 2 พบว่านักเรียนกลุ่มดังกล่าว สามารถทำคะแนนได้สูงกว่าค่าเฉลี่ย จำนวน 4 คน และเมื่อนักเรียนได้พัฒนาการอ่านจับใจความสำคัญด้วยสื่อชุดที่ 3 พบว่า นักเรียนกลุ่มนี้มีผลคะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ย จำนวน 4 คน ในคาบสุดท้าย คณะผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน ปรากฏว่านักเรียนกลุ่มที่มีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อชุดที่ 1 จำนวน 4 คน กลับมีคะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ยของนักเรียนทั้งห้อง จากข้อสังเกตดังกล่าวคณะผู้วิจัยเห็นว่า หากนำสื่อ Edutainment มาจัดการเรียนรู้ควบคู่กับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL อย่างต่อเนื่อง ผู้เรียนจะมีแนวโน้มพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญสูงขึ้น ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของเกษม กมลชัยพิสิฐ กัมปนาถ คูศิริรัตน์ ปันตดา ใจบุญลือ และเธียรธาดา หิรัญญาชาติธาดา (2564 : 324-340) ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อการเรียนรู้เลิร์นนิ่งแบบเจดต์ตามหลักการศึกษابันเทิงเพื่อส่งเสริมการแก้ไขปัญหาด้านจิตตศาสตร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี พบว่า การสร้างสื่อจากแนวคิดการศึกษابันเทิงมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 81.11/81.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของพรทิพย์ คงแก้ว และศศิฉาย ธนะมัย (2559 : 151-159) ได้ศึกษาการพัฒนาเลิร์นนิ่งแบบเจดต์ตามแนวคิดการศึกษابันเทิง เรื่องการสื่อสารภาษาจีนเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า สื่อที่สร้างจากแนวคิดการศึกษابันเทิงมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 86.50/86.51 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 และสอดคล้องกับงานวิจัยของจามรี กลีกรรรม (2559 : 25-32) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาภาษาอังกฤษธุรกิจในงานอาชีพของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาการบัญชี โดยการใช้เทคนิคการศึกษาแนวใหม่ที่เน้นความบันเทิง (Edutainment) วิทยาลัย

เทคโนโลยีอาชีวบริหารธุรกิจ อำเภอแก่ง จังหวัดระยอง มีประสิทธิภาพ 80.21/80.46 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานไว้

2) ผลคะแนนทดสอบหลังเรียนจากการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/2 โรงเรียนบ้านทุ่งไพล มีผลคะแนนเฉลี่ยการทดสอบหลังเรียน สูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติทักษะการอ่านจับใจความสำคัญด้วยสื่อ Edutainment กระตุ้นการเรียนรู้ควบคู่กับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL ที่ผู้สอนนำมาจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญมีแนวทางให้ฝึกคิดเป็นลำดับ เหมาะกับวัยและบริบทของผู้เรียน ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของภัทรสุดา นาคสุข (2564 : 109-116) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถทางการอ่านจับใจความของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้เทคนิคการสอน 5W1H ร่วมกับวรรณกรรมท้องถิ่นภาคกลาง พบว่า หลังจากจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอน 5W1H ร่วมกับวรรณกรรมท้องถิ่นภาคกลาง ผู้เรียนมีความสามารถอ่านจับใจความสำคัญสูงกว่าก่อนเรียน เป็นไปตามสมมติฐาน นอกจากนี้ จินดารัตน์ ฉัตรสอน (2560 : 148-152) ได้วิจัยในประเด็นการพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWL ร่วมกับแบบฝึก พบว่า ผู้เรียนมีความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ เพราะกิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลาย ดึงดูดความสนใจและเป็นเรื่องราวที่ใกล้ตัวผู้เรียน ทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของพีระเสก บริสุทธิบัวทิพย์ (2561 : 137-140) เรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการศึกษาบันเทิงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลักภาษาไทยและความสุขในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า เมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยการศึกษาบันเทิงหรือ Edutainment ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลักภาษาไทยและความสุขในการเรียน ส่วนหนึ่งมาจากการเปลี่ยนรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากการบรรยายเป็นการทำกิจกรรมในห้องเรียนได้ใช้ทักษะเพื่อแก้ปัญหาและสร้างปฏิสัมพันธ์ภายในห้องเรียน

3) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจต่อสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (\bar{X} = 2.49) ทั้งนี้ประเด็นเรื่องภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหาที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ สื่อมีความสวยงาม และวิธีการสอนของคุณครูทำให้สามารถจับประเด็นสำคัญในเรื่องที่อ่านได้ง่ายมากยิ่งขึ้นตามลำดับ ซึ่งในระหว่างการวิจัยมีข้อสังเกตว่า ผู้เรียนให้ความสนใจกับสื่อ Edutainment ชุดที่ 1 มากที่สุด เนื่องจากเป็นสื่อรูปแบบการ์ตูนสนทนา (Comics) ที่มีภาพประกอบดึงดูดความสนใจของผู้เรียนและเหมาะสมกับวัย เป็นไปตามคะแนนเฉลี่ยสูงสุด อนึ่ง ผู้เรียนให้ข้อเสนอแนะมาในแบบประเมินความพึงพอใจว่าผู้เรียนอยากให้มีกิจกรรมกลุ่มเพิ่มขึ้น เป็นข้อเสนอแนะที่ดีในการพัฒนาและสร้างสื่อ Edutainment สอดคล้องกับงานวิจัยของพรทิพย์ คงแก้ว และศศิณาย ณะมัย (2559 : 151-159) ได้ศึกษาผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อเลิร์นนิ่งออบเจกต์ตามแนวคิดการศึกษานันทนาการเรื่องสารภาษาจีนเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ผู้เรียนให้ความเห็นว่าสื่อการเรียนรู้มีเนื้อหากระชับเข้าใจง่ายและสร้างความสนุกสนานเพลิดเพลินควบคู่กับการเรียนรู้ ทั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้นำกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL มาพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญ พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจวิธีการสอนของคุณครูทำให้สามารถจับประเด็นสำคัญในเรื่องที่อ่านได้ง่ายมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ข้อคิดเห็นดังกล่าวมีคะแนนเฉลี่ยในลำดับที่ 2 สอดคล้องกับงานวิจัยของภัทรสุดา นาคสุข (2564 : 109-116) ได้ศึกษาความคิดเห็นของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอน 5W1H ร่วมกับวรรณกรรมท้องถิ่นภาคกลาง เพื่อพัฒนาความสามารถทางการอ่านจับใจความของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ผู้เรียนมีความคิดเห็นภาพรวมในระดับมากที่สุดทุกด้าน ทั้งด้านบรรยากาศการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้และสอดคล้องกับงานวิจัยของจินดารัตน์ ฉัตรสอน (2560 : 148-152) ได้ศึกษาประเด็นความคิดเห็นของผู้เรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWL ร่วมกับแบบฝึก พบว่า ผู้เรียนมีความคิดเห็นภาพรวมในระดับมาก

ดังนั้น การวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญด้วยสื่อ Edutainment ร่วมกับเทคนิคการสอน 5W1H และ KWL เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่คณะผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นทุกข้อ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับนำผลการวิจัยไปใช้ การนำบทอ่านมาให้ผู้เรียนจับใจความสำคัญนอกจากบทอ่านในเชิงวรรณกรรมท้องถิ่นแล้ว สามารถเลือกบทอ่านซึ่งมีเนื้อหาตามความสนใจผู้เรียนมาใช้และหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมได้ด้วย

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป สามารถเปรียบเทียบทักษะการอ่านจับใจความสำคัญก่อนและหลังเรียนเพื่อเปรียบเทียบความก้าวหน้าของผู้เรียน

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากคุณครูกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย โรงเรียนบ้านทุ่งไพลที่กรุณาให้คณะผู้วิจัยสัมภาษณ์และดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณอาจารย์พันธุ์ทิพย์ อินทยอด อาจารย์วัชรีย์ เพชรรัตน์ และอาจารย์พิชามณชัช วรรณชาติ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัสดี แวดราแม และอาจารย์นพรัฐ เสน่ห์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยนี้ และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำในบทความวิจัยฉบับนี้

อ้างอิง

กิตติยวดี บุญชื้อ. (2550). *สอนภาษาอย่างไรให้ลูกเก่ง*. สารานุกรมเด็ก.

เกษม กมลชัยพิสิฐ, กัมปนาถ คูศิริรัตน์, ปันตดา ใจบุญลือ, และเจียรธาดา หิรัญญาชาติธาดา. (2564). การพัฒนาเลิร์นนิ่งออบเจกต์ตามแนวคิดการศึกษาบ้านเทิงเรื่องการสื่อสารภาษาจีนเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.

วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยปทุมธานี, 13(2), 151-340.

จามรี กสิกรรม. (2559). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาภาษาอังกฤษธุรกิจในงานอาชีพของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาการบัญชี โดยการใช้เทคนิคการศึกษาแนวใหม่ที่เน้นความบันเทิง (Edutainment) วิทยาลัยเทคโนโลยีอาชีวศึกษาบริหารธุรกิจ อำเภอแกลง จังหวัดระยอง* [รายงานการวิจัย]. วิทยาลัยเทคโนโลยีอาชีวศึกษาบริหารธุรกิจ.

จินดารัตน์ ฉัตรสอน. (2560). การพัฒนาความสามารถในการอ่านจับใจความของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWL ร่วมกับแบบฝึก. *วารสาร มจร สังคมศาสตร์ปริทรรศน์*, 6(1), 148-152.

เทียมยศ ปะสาทะโน. (2556). เอดูเทนเมนต์: การศึกษาแนวใหม่ที่เน้นความบันเทิง. *วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์*, 3(2), 159.

พรทิพย์ คงแก้ว, และศศิฉาย ธนะมัย. (2559). การพัฒนาเลิร์นนิ่งออบเจกต์ตามแนวคิดการศึกษาบ้านเทิง เรื่องการสื่อสารภาษาจีนเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 7(2), 151-159.

พีระเสก บริสุทธิ์บัวทิพย์. (2561). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับทางร่วมกับการศึกษาบ้านเทิงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลักภาษาไทยและความสุขในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6* [วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ภัทรสุดา นาคสุข. (2564). *การพัฒนาความสามารถทางการอ่านจับใจความของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้เทคนิคการสอน 5W1H ร่วมกับวรรณกรรมท้องถิ่นภาคกลาง* [วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต].

มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ยศวีร์ สายฟ้า. (2565). *Learning Loss ภาวะการเรียนรู้ถดถอย*. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก

<https://research.eef.or.th/learning-loss-recession/>

วัชรวิภา เล่าเรียนดี. (2547). *เทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้สำหรับครูมืออาชีพ*. โครงการส่งเสริมการผลิตตำราและเอกสารการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์.

วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21*. มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

วิวัฒน์ ชัดติยะมาน, และอมลวรรณ วีระธรรมโม. (2549). *การสอนเพื่อพัฒนาการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 2). เทมการพิมพ์.

ศศิมา สุขสว่าง. (2562). *Analytical thinking with 5W1H*. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก www.sasimasuk.com

สำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดยะลา. (2565). *พื้นที่พิเศษ*. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก <https://shorturl.asia/PdLUL>

การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยการจัดการเรียนรู้แบบ ปัญหาเป็นฐานในรายวิชาอิสลามศึกษา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี

นายมีซาน แสงอารี¹ และ นายยะหะยา นิแว²

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานีในรายวิชาอิสลามศึกษา 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชูทิศจังหวัดปัตตานี ต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 23 คน ถูกคัดเลือกโดยวิธีแบบสุ่มกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาอิสลามศึกษา 3 โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และ แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วย ค่าร้อยละ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ย และ ทีเทส

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการทดสอบค่าทีที่มีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ .001 แสดงว่าผลการวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ โดยค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.03 2) นักเรียนมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในระดับมาก ($x = 4.19$, $SD = .594$)

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

¹ นายมีซาน แสงอารี, นักศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยฟาฏอนี, จังหวัดปัตตานี, 94160

² นายยะหะยา นิแว, อาจารย์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยฟาฏอนี, จังหวัดปัตตานี, 94160

Developing the Critical Thinking Skill by Applying the Problem Based Learning Through Fifth Year Secondary Students, Benjamarachuthit Pattani School.

Mizan Saeng-aree¹ and Yahaya niwae²

Abstract

This research aimed to 1) Develop the critical thinking skills of the fifth-year secondary students in Benjamarachuthit School Pattani Province 2) To find out the student's satisfaction with the Problem-Based Learning class of the fifth-year secondary students in Benjamarachuthit School Pattani Province. The sample was 23 students of fifth-year secondary students in Benjamarachuthit School Pattani Province from class 1 and class. The research applied 3 instruments 1) The lesson plan using Problem-Based Learning in Islamic Study subjects 2) The critical thinking skill questionnaire assessment 3) The questionnaire on students' satisfaction with Problem-Based Learning Class. The statistic employed for data analysis was percentage, mean, standard division, and t-test

The two primary results revealed that 1) After the experiment, the student have a higher score on critical thinking skill ($x = 15.48$, $SD = 3.987$) than before the experiment ($x = 13.48$, $SD = 4.631$) at .001 level of statistical significance with the Effectiveness score at .032) The student satisfaction with problem-based learning class was found to be in high level ($M = 4.92$ $SD = .594$)

Keywords: Problem-Based Learning Management, Critical Thinking Skill, Satisfaction in management of learning

บทนำ

นับตั้งแต่การล่มสลายของจักรวรรดิออตโตมันในปีพุทธศักราช 2465 สังคมมุสลิมในภาพรวมได้เผชิญกับกระแสการเปลี่ยนแปลงทางสังคม และ วัฒนธรรมอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะด้วยการเกิดแนวคิดสมัยใหม่ เช่น ลัทธิเสรีนิยม สตรีนิยม หรือ สุขนิยมซึ่งต่างเป็นลัทธิที่แอบแฝงด้วยแนวคิด และ ค่านิยมที่สวนทางต่อวิถี และ หลักการการเป็นอยู่ของมุสลิมตามหลักการอันเที่ยงตรง มากไปกว่านั้น กระแสการพัฒนาของเทคโนโลยี และ วิทยาการต่างๆ ยิ่งเป็นตัวเร่งในการกระจายแนวคิดต่างๆ นั้น ทำให้สังคมมุสลิมในช่วงหนึ่งได้มุ่งเน้นการศึกษาหลักศาสนาเริ่มถูกรวบงำ และ ถูกทำลายอย่างต่อเนื่องจนทำให้มุสลิมบางกลุ่มจึงตกเป็นเหยื่อของการกลืนกลายทางวัฒนธรรมและสูญเสียอัตลักษณ์ของตนอย่างสิ้นเชิง

ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นทักษะที่มีความสำคัญต่อทุกคนในไตร่ตรอง และ พิจารณากระแสค่านิยมต่างๆ เพื่อปรับตนเองให้สามารถอยู่ท่ามกลางสังคมอย่างกลมกลืนได้ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามค่านิยมของ Micheal and Richard (Micheal and Richard อ้างถึงใน Foundation for the Critical Thinking, 2562) หมายถึง กระบวนการหรือระเบียบการคิดที่มีการประยุกต์ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และ ประเมินค่าความรู้ต่างๆ ที่ได้มาจากการสำรวจ ประสบการณ์ การสะท้อน และการแลกเปลี่ยนความรู้อันนำไปสู่การสร้างการเชื่อ และการกระทำของมนุษย์ต่อไป ดังนั้น จึงเห็นได้ว่าทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นเครื่องมือสำคัญของมนุษย์ในการดำรงตนอย่างมีจุดยืนท่ามกลางกระแสความเปลี่ยนแปลงอันมากมาย

กระบวนการเรียนรู้โดยการใช้ปัญหาเป็นฐานถือเป็นกระบวนการเรียนรู้หนึ่งที่มีกระบวนการในการนำปัญหาเป็น สิ่งกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้โดยศูนย์นวัตกรรมเพื่อการสอน มหาวิทยาลัยคอร์เนล (ม.ป.ป.) ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า คือ การจัดการเรียนรู้ที่มีผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ในแต่ละรายวิชาร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อการแก้ปัญหาในตลอดการการเรียนรู้โดยปัญหาดังกล่าวนี้จะเป็นตัวกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียนตลอดการเรียน ดังกล่าวนี้จึงทำให้กระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่ใช้ในการฝึกทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในหมู่นักเรียนตามแนวคิดของ Dewey (สริญา มาศรี: 2562, 107) กล่าวว่า กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณหมายถึงกระบวนการคิด ไคร่ครวญ ไตร่ตรองโดยเริ่มจากสถานการณ์ที่มีความยุ่งยาก ซับซ้อน โดยสิ้นสุดด้วยการเกิดความชัดเจนในสถานการณ์นั้น

โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานีถือเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่โดยมีนักเรียนรวม 2,080 คนโดยประกอบด้วยนักเรียนทั้งมุสลิม และ พุทธทำให้โรงเรียนดังกล่าวกลายเป็นตัวอย่างการสะท้อนภาพรวมของสังคมแห่งความหลากหลายโดยท่ามกลางวิถีชีวิตพหุวัฒนธรรมได้อย่างชัดเจน ดังนั้นจึงเป็นที่สังเกตได้ว่านักเรียนมุสลิมบางส่วนมักเผชิญกับความท้าทายในด้านการดำเนินชีวิตตามวิถีมุสลิมที่ถูกต้องอยู่บ่อยครั้งไม่ว่าด้วยการจัดสรรเวลาสำหรับการละหมาด การแต่งกาย หรือ กิจกรรมอื่นๆ อันอาจมีความเสี่ยงต่อการขัดหลักการ ทั้งนี้การมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นทักษะสำคัญที่พึงสร้างเพื่อให้เยาวชนมุสลิมสามารถเติบโตและดำรงอยู่ตามวิถีมุสลิมอย่างภาคภูมิใจ

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยได้แก่นักเรียนรายวิชาอิสลามศึกษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 23 คนโดยได้ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มกลุ่มจากนักเรียนรายวิชาอิสลามศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 163 คน โดยนักเรียนที่คัดเลือกเป็นนักเรียนกลุ่มเรียนที่ 1 จากทั้งหมด 5 กลุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการวิจัยดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานในรายวิชา ส 32203 อิสลามศึกษา เรื่อง การกิจผู้ศรัทธา มุสลิมเวอร์จิ้น และศาสนานำใจ รวม 6 แผนการสอน คิดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยแผนการสอนที่ได้ดำเนินการแล้วประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้ การกิจผู้ศรัทธาโดยมีเนื้อหาประกอบเกี่ยวกับการอิบาดะฮ์ ประเภทของการอิบาดะฮ์ และ หลักการทั่วไปของอิบาดะฮ์โดยผู้สอนได้เชื่อมโยงประเด็นปัญหาเกี่ยวกับการเกิดกลุ่มเซคิวัลาร์ และ กลุ่มคนไม่มีศาสนา ต่อมา หน่วยมุสลิมเวอร์จิ้นมีเนื้อหาเกี่ยวกับเอาเราะฮ์ การชีนา และ การป้องกันพรหมจรรย์ในอิสลาม โดยกำหนดประเด็นปัญหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ปัญหาการถูกล่วงละเมิดทางเพศในอิสลาม และ สูดท้ายหน่วยการเรียนรู้ศาสนานำใจโดยมีเนื้อหาประกอบเกี่ยวกับหลักคุณธรรมในอิสลามโดยมีความเชื่อมโยงต่อปัญหาการขาดคุณธรรมในสังคม
2. แบบประเมินทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณชนิดเลือกตอบ และ ชนิดคำถามปลายเปิดจำนวนรวม 25 ข้อ
3. แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยการใช้ปัญหาเป็นฐานโดยใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ จำนวน 19 ข้อ

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้ 1) เข้าร่วมประชุมกลุ่มสาระร่วมกับครูพี่เลี้ยงและครูท่านอื่นๆ เพื่อทำการแลกเปลี่ยนปัญหาในการจัดการเรียนรู้แก่นักเรียนที่ได้พบ 2) ผู้วิจัยได้ทำการเลือกประเด็นปัญหาการขาดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อทำการศึกษาจากนั้นได้ทำการศึกษาเอกสาร แนวคิดต่างๆ เกี่ยวกับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แล้วออกแบบเครื่องมือการวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณแล้วนำเสนอผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อทำการประเมิน 3) ผู้วิจัยได้ทำการวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณกับนักเรียนโดยแบบทดสอบที่ได้ออกแบบไว้แล้วเก็บเป็นข้อมูลก่อนการทดลอง 4) ผู้วิจัยศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจากนั้นได้ทำการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ และ กิจกรรมการเรียนรู้เพื่อดำเนินการสอนกับนักเรียน 5) ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างแล้วทำการประเมินอีกครั้งเพื่อเก็บข้อมูลหลังการทดลอง 6) ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลทั้งก่อนและหลังการทดสอบมาทำการวิเคราะห์เพื่อรายงานผลการวิจัย 7) ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาทำการรายงาน และ วิเคราะห์ปัญหาเพื่อนำมาเป็นข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ระเบียบวิธีในการวิจัย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ที่ได้วางไว้ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้ 1) ศึกษาผลของการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มเป้าหมายโดยทำการทดสอบแบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียว วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pretest – Posttest Design) แล้ววิเคราะห์ค่าที เพื่อระบุความต่างของค่าผลคะแนนก่อน – หลังการทดลอง และ หาค่าประสิทธิสัมพันธ์ของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างการวิจัยโดยวิธีสุ่มกลุ่มจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 5 กลุ่มซึ่งมีนักเรียนในรายวิชาอิสลามศึกษา 2) ผู้วิจัยได้ทำการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานโดย วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ค่าความถี่ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของคะแนนความพึงพอใจ โดยผลการศึกษานี้โดยใช้แบบการวิเคราะห์ตามหลักทฤษฎีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากการนำข้อมูลจากการแจกแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับตามแบบลิเคิร์ต (Likert Five Rating Scale) เพื่อสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ SPSS Statistic และใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ยน้ำหนักคำตอบ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ในการวิเคราะห์โดยใช้แนวความคิดของเบสท์ 3) ตัวแปรในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นตัวแปรต้น และ มีผลการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์เป็นตัวแปรตามควบคู่กับความพึงพอใจของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การสรุปและการอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานในรายวิชาอิสลามศึกษา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี สามารถทำการสรุปและอภิปรายผลผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การสรุปและอภิปรายผลการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ผลการทดสอบค่าทีที่มีนัยยะสำคัญทางสถิติโดยค่าที แสดงว่าผลการวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานโดยค่าทีแสดงผลว่าค่าคะแนนการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือ นักเรียนมีผลการวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ($x = 15.48, SD = 3.987$) สูงกว่าผลการวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ($x = 13.48, SD = 4.631$) โดยค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.03 แสดงว่านักเรียนมีการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มขึ้น 0.03 หรือ คิดเป็นร้อยละ 3 สอดคล้องต่องานวิจัยของสุรียวัธย์ พันธระ และ สุมาลี ชุกำแพง (2562, 204) ได้ดำเนินการวิจัยในหัวข้อการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม เรื่อง การเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการดำเนินการวิจัยผู้วิจัยได้ใช้การดำเนินการสอนโดยการใช้วิธีการสอนแบบปัญหาเป็นฐานในการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีนักเรียนที่เป็นกลุ่มประชากรจำนวน 212 จาก 5 ห้องเรียน และ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 48 คนจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/5 โดยมีนักเรียนจำนวน 48 คน โดยได้กลุ่มตัวอย่างจากการสุ่มแบบกลุ่ม ผลการวิจัยได้แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแนวคิดประเด็นวิทยาศาสตร์ กับ สังคมเรื่องการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประสิทธิภาพเท่ากับ 77.58/82.35 สูงกว่าค่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ได้แก่ 75/75

ทั้งนี้เพื่อเป็นการอภิปรายความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จากการศึกษาผู้วิจัยได้ค้นพบปัจจัยรบกวนในการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยได้แก่ ช่องว่างระหว่างการฝึกโดยจำนวนครั้งที่สอนต่อสัปดาห์ของผู้วิจัยมีเพียง 1 คาบ และ การปรากฏกิจกรรมพิเศษและวันหยุดต่างๆ ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างการฝึกฝนที่นานเกินไปโดยเป็นการรบกวนความถี่ในการฝึกฝนโดยการใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีการพัฒนาเกิดขึ้นได้น้อยสอดคล้องต่องานวิจัยของ Rohmani Nur Indah & Angung W. Kusuma (2016, 91) ทำการศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนภาคอังกฤษชาวอินโดนีเซีย กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาในครั้งนี้ประกอบด้วยนักศึกษาชาวอินโดนีเซียที่เรียนภาษาอังกฤษใน Mualana Malik Ibrahim State of Islamic University โดยผลการวิจัยส่วนหนึ่งพบว่าการมีทักษะภาษาที่ดีทำให้ผู้เรียนสามารถมีกระบวนการถกเถียงที่มากกว่าโดยในขณะนั้นเองผู้ถกเถียงจะได้พัฒนาการคิดของตนเองจึงถือเป็นการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อหาคำถกเถียงต่างๆ ด้วย โดยดังนี้จึงสรุปได้ว่าความถี่ในการฝึกฝนใช้ทักษะของผู้เรียนทำให้เกิดการพัฒนาของทักษะ เช่นเดียวกับกฎแห่งการใช้ของใช้ของทอนโดร์ (Thorndike อ้างถึงใน สมชาย รัตนทองคำ, 2556) โดยอธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความบ่อยในการใช้ทักษะหรือองค์ความรู้กับการจดจำของสมอง

สุดท้าย การมีส่วนร่วมของผู้เรียนตามการศึกษาของ Ronasita และ คณะ (2563, 223) ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในชั้นเรียน EFL โดยผลการวิจัยสรุปว่าการมีส่วนร่วมของผู้เรียนจำเป็นต้องมีบทบาทสำคัญในการอำนวยความสะดวกการเรียนรู้ของนักเรียนโดยการเรียนรู้และผู้เรียนและผู้สอนสามารถมีบทบาทร่วมกันอย่างเหมาะสมในชั้นเรียนจะทำให้การพัฒนาทักษะดังกล่าวเกิดขึ้นอย่างเต็มประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งนี้ในกระบวนการสอนของผู้วิจัยนั้นนักเรียนบางส่วนในบางช่วงไม่มีความสนใจและไม่มีส่วนร่วมในกระบวนการหารือภายในชั้นเรียน และ พฤติกรรมการขาดเรียนบ่อยครั้งยังเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลถกเถียงของค่าเฉลี่ยการพัฒนาทั้งสิ้น

2. การสรุปและอภิปรายผลความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ผลการวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในระดับมากมีคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 (SD = .594) โดยดังกล่าวมีความสอดคล้องกับทัศนคติ ใจอ่อน และ กตัญญูตา บางโท (2565, 106) ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการการออกแบบการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของนักศึกษาโดยประชากรกลุ่มตัวอย่างได้แก่นักศึกษาศาสาวิชาคณิตศาสตร์ชั้นปีที่ 4 คณะครุศาสตร์ที่ไดลงทะเบียนเรียนรายวิชา คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันจำนวน 47 คน โดยผลการวิจัยพบว่านักศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในระดับมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจที่ 4.68 (SD = .33)

เพื่อเป็นการอภิปรายผลการวิจัยที่ได้พบ หากจัดเรียงปัจจัยในด้านต่างๆ ของความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้แล้วพบว่า ด้านที่ได้รับความพึงพอใจมากที่สุดได้แก่ การเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการซักถามโดยจัดอยู่ในระดับดีมากทั้งนี้มาจากธรรมชาติดั้งเดิมของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ผู้เรียนต้องเป็นผู้วิเคราะห์ สังเคราะห์ คิด หาคำตอบและร่วมแก้ปัญหาทำให้กระบวนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยได้รับความพึงพอใจมากในด้านนี้ ต่อมา ด้านการเข้าสอนและออกจากห้องสอนตรงเวลามีความพึงพอใจในระดับดีมาจากวัฒนธรรมการทำงานของโรงเรียนและลักษณะการดำเนินกิจกรรมการสอนของโรงเรียนที่เป็นลักษณะนักเรียนเดินเรียนทำให้ส่วนใหญ่ครูเป็นผู้รอการเข้าเรียนของนักเรียน ต่อมา ด้านบุคลิกภาพ การแต่งกาย และ การพูดจาของครูที่มีความเหมาะสมต่อบุคลิกภาพการเป็นครูมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมากเนื่องจากผู้วิจัยมักสวมใส่ชุดตามระเบียบและการกำหนดของครูผู้ดูแลฝึกสอนทำให้การแต่งกายจัดอยู่ในระดับดีมาก

ปัจจัยต่อมา ด้านความทันสมัยของเนื้อหาและความสามารถนำเนื้อหาการเรียนมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติจริง และ ด้านการส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์ และ การอภิปรายอย่างอิสระให้นักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากันโดยจัดอยู่ในระดับดีจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐานโดยผู้สอนมักคัดสรรปัญหา หรือ เรื่องราวที่เกิดขึ้นในขณะนั้นๆ มาประกอบการสอนอีกทั้งยังใช้กระบวนการยกตัวอย่างสถานการณ์จริงให้แก่ นักเรียน ต่อมา ด้านการเปิดโอกาสรับความคิดเห็นของนักเรียน และ ด้านการส่งเสริมการค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากันโดยจัดอยู่ในระดับดีเนื่องจากผู้วิจัยมักจัดกิจกรรมการนำเสนอผลงานที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการสอนโดยผู้เรียนจะต้องกลับไปค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมทำให้เกิดเป็นความพึงพอใจของผู้เรียนในการสร้างสรรค์ผลงานและได้รับความชื่นชมจากครูผู้สอน

ต่อมา ด้านการชี้แจงวัตถุประสงค์การเรียนของครูก่อนกระบวนการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ต่อมาด้านการเตรียมการสอนของครู, ด้านการใช้สื่อการสอนที่หลากหลายและน่าสนใจ และ ด้านความสุขในการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากันในระดับดี ต่อมา ด้านความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้และวัตถุประสงค์การเรียนรู้และด้านการมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากันโดยจัดอยู่ในระดับดี ต่อมา ด้านการส่งเสริมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมกลุ่มอย่างหลากหลายมีค่าความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ต่อมา ด้านการให้ความสนใจต่อนักเรียนอย่างทั่วถึงและด้านความตั้งใจสอน ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกแก่นักเรียนมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ต่อมาด้านความสนุกและน่าสนใจของกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ต่อมา ด้านบรรยากาศการเรียนที่เอื้อต่อการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ในระดับดี และ ด้านการแจ้งให้ทราบถึงเกณฑ์การประเมินต่างๆ ล่วงหน้าแก่นักเรียนมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจน้อยที่สุดโดยจัดอยู่ในระดับดีเนื่องจากในการดำเนินกิจกรรมการสอนของผู้วิจัยที่จำเป็นต้องกระชับเวลาในการสอนจึงต้องตัดสาระบางส่วนเกี่ยวกับการประเมินผลต่างๆ ทำให้ผู้เรียนอาจไม่ทราบและเกิดเป็นความรู้สึกไม่พอใจได้

บรรณานุกรม

- กิตติศักดิ์ ใจอ่อน และ กัตัญญา บางโท. (2565). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการการออกแบบการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของนักศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, 24(1), 107.
- สรินญา มารศรี. (2562). การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในทศวรรษที่ 21. วารสาร มจร นครน่านปริทรรศน์, 3(22), 107 - 112.
- สุรีย์วัลย์ พันธูระ และ สุมาลี ชูกำแพง. (2561). การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมเรื่องการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 22(3), 204.
- สมชาย รัตนทองคำ. (2556). ทฤษฎีการเรียนรู้ของนักการศึกษาที่มักถูกถาม. สืบค้นเมื่อ 30 กันยายน 2565, เข้าถึงได้จาก คณะเทคโนโลยีการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น: https://ams.kku.ac.th/aalearn/resource/edoc/tech/56web/4learn_edu56.pdf
- Ronasita Tritias Utami Mursid Saleh, Warsono and Rudi Hartono. (2021). Factors Affecting Student's Critical Thinking Development in EFL Room. Advance in Social Science, Education and Humanities Research, 223. Rohmani Nur Indah and Agung W. Kusama. (2016). Factors Affecting The Development of Critical Thinking of Indonesian Learners of English Language. IOSR Journal Of Humanities And Social Science (IOSR-JHSS), 21(6), 91-92
- The Foundation for The Critical Thinking. (2562). Defining Critical Thinking. Retrieved 29 June 2020, The Foundation for The Critical Thinking: <https://www.criticalthinking.org/pages/defining-critical-thinking/766>

การพัฒนาห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลคณิตร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียน

ระดับประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพื้นที่นวัตกรรมการศึกษา

รัฐเดช เซ็ง¹ และมูนีเราะห์ ผดุง^{2*}

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลคณิต จากนั้นศึกษาทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีและความพึงพอใจของนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านสุโขทัย-ลก ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม ประกอบด้วย 1) กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนชั้นป.6/2 จำนวน 38 คน และ 2) กลุ่มควบคุม คือ นักเรียนชั้น ป.6/3 จำนวน 38 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) ห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลคณิต 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 3) แบบทดสอบวัดทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี และ 4) แบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ 1) ประสิทธิภาพของห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลคณิตตามเกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70 2) สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การทดสอบกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม และการทดสอบข้อมูล 2 กลุ่มที่ไม่อิสระต่อกัน และ 3) สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ประสิทธิภาพของห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลคณิตมีค่าเท่ากับ 76.43/79.47 ตามเกณฑ์ 70/70 2) ทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนห้องเรียนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลคณิตมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.34$, S.D. = 0.48)

คำสำคัญ: ห้องเรียนเสมือนจริง จักรวาลคณิต ทักษะฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี

¹ นักศึกษาปริญญาโท., หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

² ผศ.ดร., หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

¹ Master Student., Education of Teaching Science, Mathematics and Computer, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, 95000

² Assistant Professor, Ph.D., Education of Teaching Science, Mathematics and Computer, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, 95000

* Corresponding author: E-mail address: muneeroh.p@yru.ac.th

The Development of Virtual Classroom with a Metaverse by Using Inquiry-based Process to Promote Competency-based Learning in Technology on Computing Science Course for Grade 6 Students of the Education Sandbox Schools

Ratthadech Seng¹ and Dr.Muneeroh Phadung^{2*}

Abstract

The objectives of the study were to develop and test the efficiency of virtual classroom with a metaverse as well as to study the results process to promote competency-based learning in technology skills and the satisfaction of students in grade 6 learning. The samples were grade 6 students at Ban Sungai Kolok School obtained by the cluster random sampling as follows 1) an experimental group were 38 students in grade 6/2 and 2) a control group were 38 students in grade 6/3. The research tools consisted of 1) virtual classroom with a metaverse, 2) learning management plans with the inquiry-based process 3) a test to measure competency-based learning in technology skills, and 4) a satisfaction assessment form. Statistics for data analysis were 1) the efficiency of virtual classroom with a metaverse according to the E1/E2 criteria, 2) the inferential statistics including to one sample t-Test and paired sample t-Test and 3) descriptive statistics including mean and standard deviation.

The results showed that 1) the efficiency of virtual classroom with a metaverse was 76.43/79.47 according to the criteria of 70/70, 2) the students' process to promote competency-based learning in technology skill scores after learning with the virtual classroom with a metaverse were higher than before and higher than the traditional classroom students with statistical significance at the .05 level and 3) Students' learning satisfaction of virtual classroom with a metaverse was the highest level ($\bar{x} = 4.34$, S.D. = 0.48).

Keyword: Virtual Classroom, Metaverse Promote, Competency-based Learning in Technology

บทนำ

การจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานในยุคปัจจุบันเป็นไปตามการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สภาพแวดล้อม ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เพื่อพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพของคนในชาติ ให้มีขีดความสามารถในการแข่งขันระดับประเทศโดยการยกระดับคุณภาพการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการได้นำแนวคิดและหลักการของกระบะทรายหรือพื้นที่นวัตกรรม (Sandbox) เข้ามาใช้ในงานด้านการศึกษาจึงเกิดเป็นพื้นที่นวัตกรรมการศึกษา (พระราชบัญญัติพื้นที่นวัตกรรมการศึกษา พ.ศ. 2562, 2562) และตระหนักถึงความสำคัญในการพัฒนามาตรฐานการศึกษาด้วยการปรับปรุงหลักสูตรรวมถึงกระบวนการเรียนรู้ให้ทันสมัยสู่การเรียนรู้ฐานสมรรถนะเพื่อตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของโลกใน ศตวรรษที่ 21 ซึ่งการเรียนรู้ฐานสมรรถนะเป็นการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นผลที่เกิดกับนักเรียนในการประยุกต์ใช้ความรู้ ความสามารถที่มีอยู่ในตัวบุคคลที่สามารถวัดหรือสังเกตได้จากพฤติกรรมการทำงานที่แสดงออกมาให้เห็นและส่งผลให้บุคคลนั้น ๆ สามารถปฏิบัติงานให้บรรลุตามเป้าหมาย สมรรถนะทางเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ความรู้ทางเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร (ICT Competency Area: ICA) แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ 1) ICA 1 การเข้าถึงประเมินและจัดการข้อมูลและสารสนเทศ 2) ICA 2 การแชร์ข้อมูลและการสื่อสาร 3) ICA 3 การดัดแปลงและผลิตสารสนเทศและดิจิทัลคอนเทนต์ 4) ICA 4 การแก้ไขปัญหาในบริบทโลกดิจิทัลและการคิดเชิงคำนวณและ 5) ICA 5 การใช้ ICT อย่างเหมาะสม (สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2565ข)

การจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาการคำนวณเป็นหลักสูตรใหม่มาแทนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศซึ่งเป็นสิ่งท้าทาย ที่นักเรียนจะต้องเรียนรู้ในรูปแบบฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี ที่ผ่านมามีพบว่ายังไม่ประสบความสำเร็จตามเกณฑ์มาตรฐาน การศึกษาขั้นพื้นฐานเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่ 1 คุณภาพของนักเรียน ครูไม่เน้นกระบวนการให้นักเรียนปฏิบัติจริงโดยส่วน ใหญ่ยังยึดหนังสือเรียนแทนหลักสูตรมิได้ถือนักเรียนเป็นศูนย์กลาง (อนุวัฒน์ สุวรรณละออ, 2564) และยังพบว่า นักเรียน มีผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาระที่ 4 เทคโนโลยี ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 โดยมีคะแนนเฉลี่ยระดับโรงเรียน ($\bar{x} = 32.69$, S.D. = 32.98) คะแนนเฉลี่ยระดับจังหวัด ($\bar{x} = 29.10$, S.D. = 32.67) คะแนนเฉลี่ยระดับสังกัด ($\bar{x} = 34.02$, S.D. = 33.94) และคะแนนระดับประเทศ ($\bar{x} = 35.08$, S.D. = 34.08) จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2564) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดการ เรียนรู้ฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีวิชาวิทยาการคำนวณอย่างเร่งด่วน โดยเฉพาะในประเด็นการพัฒนาทักษะการคิดเชิง คำนวณและการแก้ไขปัญหาในบริบทโลกดิจิทัล เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ความรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์มาใช้แก้ปัญหา ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2565ก)

ปัจจุบันเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอน จักรวาลนอภิมิต (Metaverse) ถือเป็นหนึ่งใน นวัตกรรมทางเทคโนโลยีที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ทางการศึกษาสำหรับนักเรียนยุคสมัยใหม่ ช่วยให้นักเรียนข้ามข้อจำกัดในการ จัดการเรียนรู้ในโลกของความเป็นจริง โดยห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนอภิมิตใช้สภาพแวดล้อมออนไลน์ในอินเทอร์เน็ต นำเอานักเรียนและครูมาพบกันทำการเรียนการสอนและสื่อสารกันได้ในรูปแบบเสมือนจริง (ยุภาวดี พรมเสถียร และธีรชัย เนตรถนอมศักดิ์, 2564) รวมถึงการนำห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนอภิมิตไปใช้ในชั้นเรียนจำเป็นต้องอาศัยการจัดการ เรียนรู้ที่เอื้ออำนวยโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เป็นอีกหนึ่งรูปแบบของการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม เพราะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเอง สามารถพัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ และสามารถคิดแก้ปัญหาได้ (จรรยา โทะนะบุตร, 2560)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจในการพัฒนาห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนอภิมิตร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพื้นที่นวัตกรรมการศึกษา ซึ่งถือเป็นการจัดบรรยากาศชั้นเรียนเชิงบวกในศตวรรษที่ 21 ที่ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก

ในการเรียนรู้ เน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองตามหลักการจัดการเรียนการสอนที่นักเรียนเป็นสำคัญและนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะและสมรรถนะทางเทคโนโลยีที่จำเป็นในการนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นในบริบทของโลกจริงได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองและใช้แบบแผนการวิจัยแบบสองกลุ่มวัดสองครั้ง (Two Group Pretest-Posttest Design)

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านสุโขทัย-ลก ซึ่งเป็นโรงเรียนพื้นที่วัดกรรมการศึกษาจังหวัดนราธิวาส สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานราธิวาส เขต 2 จำนวน 6 ห้อง สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ประชากรเพียง 5 ห้อง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/2 ถึง 6/6 (คะแนนความสามารถ 60-80) จำนวนทั้งสิ้น 191 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โดยไม่นับห้องเรียนเงื่อนไขพิเศษ คือ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/1 เป็นประชากร เนื่องจากเป็นห้องเรียนที่นักเรียนมีความสามารถพิเศษและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยผู้วิจัยแบ่งประชากรออกเป็น 5 กลุ่ม เนื่องจากนักเรียนแต่ละห้องเป็นนักเรียนปกติที่มีความสามารถใกล้เคียงกัน จากนั้นผู้วิจัยทำการสุ่มอย่างง่ายให้ได้กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ได้แก่

- 1) กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/2 ภาคเรียนที่ 2/2565 โรงเรียนบ้านสุโขทัย-ลก จำนวน 38 คน
- 2) กลุ่มควบคุม คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/3 ภาคเรียนที่ 2/2565 โรงเรียนบ้านสุโขทัย-ลก จำนวน 38 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.1 ห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลคณิต ซึ่งผลการประเมินค่าความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน พบว่า 1) ด้านเนื้อหาของห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลคณิตมีค่าเท่ากับ 0.90 2) ด้านการออกแบบของห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลคณิตมีค่าเท่ากับ 0.96 และ 3) ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 1.00 ทั้ง 3 ด้าน ถือว่าสอดคล้องในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

3.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ วิชาวิทยาการคำนวณ เรื่อง การเขียนโปรแกรม Block Based Programming จำนวน 4 แผน รวม 8 ชั่วโมง ผลการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน พบว่ามีคุณภาพในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.37$, S.D. = 0.59)

3.3 แบบทดสอบวัดทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีผ่านห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลคณิต เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาค่าดัชนีสอดคล้อง พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.87 ถือว่าสอดคล้องในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยนำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มนาร่องเพื่อวิเคราะห์แบบทดสอบ พบว่า แบบทดสอบมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.37-0.79 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.27-0.73 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.82 สามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้

3.4 แบบประเมินความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ผ่านห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลคณิต จำนวน 10 ข้อ โดยสร้างแบบประเมินแบบสมดุมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบค่าดัชนีความตรง

เชิงเนื้อหา (Content Validity Index: CVI) พบว่า มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ (CVI>=1) และทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มนำร่องเพื่อหาค่าความเชื่อมั่นด้วยการทดสอบสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ได้ค่าเท่ากับ 0.81 สามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิต โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70

4.2 วิเคราะห์ทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีที่เรียนผ่านห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิต ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผู้วิจัยวิเคราะห์ทักษะ 2 ส่วนดังนี้

4.2.1 เปรียบเทียบคะแนนทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่เรียนผ่านห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิต แบบ Paired Sample t-Test

4.2.2 เปรียบเทียบคะแนนทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนหลังเรียนรู้อ่านห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตกับนักเรียนห้องเรียนปกติ แบบ Independent Sample t-Test


4.3 วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิต โดยนำคะแนนจากแบบประเมินมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพื้นที่นวัตกรรมการศึกษา

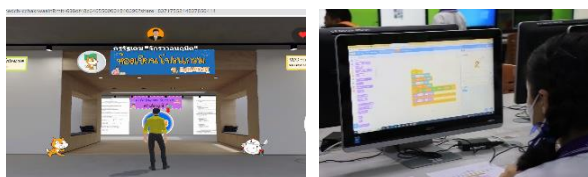
1.1 ผู้วิจัยพัฒนาห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิต โดยใช้ <https://www.spatial.io/> ในการออกแบบที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะการเขียนโปรแกรมแบบมีเงื่อนไขและการตรวจหาข้อผิดพลาดของโปรแกรม การเขียนโปรแกรมเพื่อสุ่มค่าและการตรวจหาข้อผิดพลาดของโปรแกรม การเขียนโปรแกรมตรวจสอบการกดแป้นพิมพ์จากผู้ใช้และการตรวจหาข้อผิดพลาดของโปรแกรม การประยุกต์การเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ไขปัญหาในบริบทโลกดิจิทัล ประกอบด้วย 3 ห้อง ได้แก่ 1) ห้องศึกษาเนื้อหาความรู้ 2) ห้องสื่อวีดิทัศน์การจัดการเรียนการสอน และ 3) ห้องการเขียนโปรแกรม Scratch ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิต

องค์ประกอบของห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิต	ภาพประกอบ
1) ห้องศึกษาเนื้อหาความรู้: เป็นแหล่งรวบรวมองค์ความรู้ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยนักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ซึ่งเนื้อหาประกอบด้วย ผังงาน เนื้อหาบทเรียนและแบบฝึกหัด เนื้อหาสื่อคำสิ่งต่าง ๆ เนื้อหาการเขียนโปรแกรมแบบมีเงื่อนไขและการตรวจหาข้อผิดพลาดของโปรแกรม	 
2) ห้องสื่อวีดิทัศน์การจัดการเรียนการสอน: เป็นห้องตัวอย่างแสดงสื่อวีดิทัศน์ เพื่อใช้ประกอบการเรียนรู้ในการเขียนโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข การเขียนโปรแกรมเพื่อสุ่มค่า การเขียนโปรแกรม	 

ตรวจสอบการกดแป้นพิมพ์จากผู้ใช้งาน และการประยุกต์การเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ไขปัญหาในบริษัทโลกดิจิทัล

3) ห้องการเขียนโปรแกรม: เป็นห้องสำหรับให้นักเรียนเขียนโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข การเขียนโปรแกรมเพื่อสุ่มค่า การเขียนโปรแกรมตรวจสอบการกดแป้นพิมพ์จากผู้ใช้งาน และการประยุกต์การเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ไขปัญหาในบริษัทโลกดิจิทัล



2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพื้นที่นวัตกรรมการศึกษา แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

	คะแนนกระบวนการจากกิจกรรมและแบบฝึกหัดแต่ละหัวข้อย่อย					คะแนนสอบ หลังเรียน (30 คะแนน)
	กิจกรรมที่ 1 (15 คะแนน)	กิจกรรมที่ 2 (15 คะแนน)	กิจกรรมที่ 3 (20 คะแนน)	กิจกรรมที่ 4 (20 คะแนน)	รวม (70 คะแนน)	
ค่าเฉลี่ย	11.89	12.16	14.61	14.82	53.47	23.84
ร้อยละ	79.30	81.05	73.03	74.08	76.43	79.47
$E_1/E_2 = 76.43/79.47$						

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าคะแนนกระบวนการจากกิจกรรมและใบงานของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 76.43 และคะแนนสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 79.47 ดังนั้นผลการทดสอบประสิทธิภาพของห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตร มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 76.43/79.47 เป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศุภรัตน์ โสดาจันทร์ทงศักดิ์ โสวจิตสตากุล และศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี (2563) พบว่า มีค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 77.92/75.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75

3. ผลการศึกษาทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีผ่านห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตร

3.1 เปรียบเทียบคะแนนทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนผ่านห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตร สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยผลการเปรียบเทียบ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนผ่านห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตร

ทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี		\bar{x}	S.D.	t	sig.
ด้านการคิดเชิงคำนวณ (20 คะแนน)	ก่อนเรียน	8.92	3.98	10.63*	.00
	หลังเรียน	15.92	4.46		
ด้านการแก้ไขปัญหาในบริษัทโลกดิจิทัล (10 คะแนน)	ก่อนเรียน	5.42	1.54	10.38*	.00
	หลังเรียน	7.92	0.82		
รวมทักษะ 2 ด้าน (30 คะแนน)	ก่อนเรียน	14.34	4.77	12.78*	.00
	หลังเรียน	23.84	4.65		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี ก่อนเรียนและหลังเรียนผู้ผ่านห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{x} = 23.84$, S.D. = 4.65) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x} = 14.34$, S.D. = 4.77) สอดคล้องกับงานวิจัยของ กรวรรณ สืบสม นพรัตน์ หมีพลัด และกนกวรรณ ทองเพ็ญ (2565) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.2 เปรียบเทียบคะแนนทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนหลังเรียนผู้ผ่านห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตกับนักเรียนห้องเรียนปกติ โดยผลการเปรียบเทียบ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี (ICA 4) ของนักเรียนหลังเรียนผู้ผ่านห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตกับนักเรียนห้องเรียนปกติ

ทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี (ICA 4)	กลุ่มตัวอย่าง	n	\bar{x}	S.D.	t	sig.
ด้านการคิดเชิงคำนวณ (20 คะแนน)	กลุ่มทดลอง	38	15.92	4.45	2.41*	.01
	กลุ่มควบคุม	38	13.97	2.18	2.41*	.01
ด้านการแก้ไขปัญหาในบริบทโลกดิจิทัล (10 คะแนน)	กลุ่มทดลอง	38	7.92	0.81	5.63*	.00
	กลุ่มควบคุม	38	6.97	0.63	5.63*	.00
รวมทักษะ 2 ด้าน (30 คะแนน)	กลุ่มทดลอง	38	23.84	4.64	3.44*	.01
	กลุ่มควบคุม	38	20.95	2.30	3.44*	.01

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี (ICA 4) หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนผ่านห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตกับนักเรียนห้องเรียนปกติ ในภาพรวมกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีหลังเรียนผ่านห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตแตกต่างกันกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{x} = 23.84$, S.D. = 4.64) และกลุ่มควบคุม มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{x} = 20.95$, S.D. = 2.30) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียน พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม จึงเห็นได้ว่าห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถพัฒนาทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ยุพภรณ์ หงส์สามารถ และอรนุช ลิ้มศิริ (2564) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยใช้บทเรียนออนไลน์ใน Google Classroom สูงกว่าการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี วิชาวิทยาการคำนวณ โรงเรียนพื้นที่นวัตกรรมการศึกษา แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิต

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ข้อ 2 ห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตมีความเหมาะสมและสวยงาม	4.55	0.50	มากที่สุด
ข้อ 1 ห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตมีความน่าสนใจ	4.50	0.51	มากที่สุด
ข้อ 8 ห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตช่วยให้นักเรียนมีทักษะการเรียนรู้ฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยี (ICA 4 การคิดเชิงคำนวณและการแก้ปัญหาในบริบทโลกดิจิทัล)	4.34	0.48	มากที่สุด
ข้อ 3 เนื้อหาของห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.29	0.46	มากที่สุด
ข้อ 4 การใช้นวัตกรรมห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตมีความเพลิดเพลิน สนุกสนาน	4.16	0.37	มาก
ข้อ 7 ห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตช่วยให้นักเรียนมีทักษะการออกแบบ โปรแกรม การเขียนโปรแกรม การตรวจหาข้อผิดพลาดและแก้ไขโปรแกรม	4.13	0.34	มาก
ข้อ 6 ห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตส่งผลให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดเป็นลำดับขั้นตอนในการเขียนโปรแกรม	4.11	0.31	มาก
ข้อ 9 ครูใช้วิธีการสอนและสื่อการสอนที่หลากหลาย	4.08	0.27	มาก
ข้อ 5 ห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตมีความท้าทายความสามารถของนักเรียน	4.05	0.23	มาก
ข้อ 10 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามปัญหาหรือข้อสงสัย	4.03	0.16	มาก
รวม	4.22	0.14	มากที่สุด

จากตารางที่ 5 พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนรู้ผ่านห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{x} = 4.22$, S.D. = 0.14) สอดคล้องกับงานวิจัยของ กมลวรรณ มิตรกระจำง (2565) พบว่า การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.53$, S.D. = 0.51)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษา พบว่า ห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิต มีค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 76.43/79.47 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 ที่ได้กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่าห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ ทั้งนี้เมื่อนักเรียนเรียนผ่านห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิต พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงเห็นได้ว่าห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตสามารถพัฒนาทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีของนักเรียนได้ และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตอยู่ในระดับมากที่สุด

อ้างอิง

- [1] กมลวรรณ มิตรกระจ่าง. (2565). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบรวมพลัง 5 ขั้นตอน เรื่อง โลกของสิ่งมีชีวิต สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประชาราษฎร์อุปถัมภ์วิทยา. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ*, 6(1), 67-81.
- [2] กรวรรณ สืบสม, นพรัตน์ หมี่พลัด และกนกวรรณ ทองเพ็ง. (2565). การพัฒนาวัตกรรมการเรียนรู้อัตโนมัติโดยโปรแกรม Scratch รายวิชาเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. *วารสารนาคบุตรปริทรรศน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*, 14(1), 152-162.
- [4] จรรยา โทะนานบุตร. (2560). รูปแบบการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5Es ในศตวรรษที่ 21. ลำปาง: มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษานอกที่ตั้งลำปาง.
- [5] พระราชบัญญัติพื้นที่นวัตกรรมการศึกษา พ.ศ. 2562. (2562). *ราชกิจจานุเบกษา* (เล่มที่ 136) ตอนที่ 56 ก. (30 เมษายน).
- [6] ศุภรัตน์ โสตาจันทร์, ทนงค์ดี ไสวจัสมตกุล และศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี. (2563). การพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบปฏิสัมพันธ์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง งานช่างภายในบ้าน ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, 19(2), 30-39.
- [7] สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2564). *รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินำขั้นพื้นฐาน (O-NET)*. [เว็บไซต์]. เข้าถึงจาก: <http://www.newonetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/School/ReportSchoolBySchool.aspx?mi=2>.
- [8] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- [9] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2565ข). *การพัฒนาวัตกรรมการศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะทางด้าน SMT*. [เอกสารอบรม]. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- [13] ยุภาภรณ์ หงส์สามารถ และอรนุช ลิ้มศิริ. (2564). การเปรียบเทียบทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง สารละลาย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใช้บทเรียนออนไลน์ใน Google Classroom กับการสอนแบบปกติ. *วารสารนวัตกรรมการศึกษาและการวิจัย*, 5(2), 355-370.
- [14] ยูภาวดี พรหมเสถียร และธีรชัย เนตรถนอมศักดิ์. (2564). เทคโนโลยีสารสนเทศช่วยพัฒนาการเรียนการสอนได้จริงหรือไม่?. *วารสารมหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 15(3), 1-13.
- [15] อนุวัฒน์ สุวรรณละออง. (2564). *การพัฒนาบทเรียนผ่านสื่อสังคมออนไลน์ รายวิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภาคใต้*. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยหาดใหญ่).

**การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง
โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์
เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

แนวชายะห์ วานี¹ อรรวรรณ ทิพย์มณี² และรุฮัยซา ตือราแม^{3*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ 2) ศึกษาผลการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอามานะวิทยานุสรณ์ จังหวัดยะลา จำนวน 30 คน ได้มาจากการเลือกแบบกลุ่ม โดยเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ และแบบประเมินความพึงพอใจ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมใช้เกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70 การเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนใช้การทดสอบค่าทีและเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเท่ากับ 76.70/75.20 เป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 คะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และคะแนนเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.87$, S.D. = 0.33)

คำสำคัญ: ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ กิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ทักษะการคิดวิเคราะห์

¹ นักศึกษาปริญญาโท, หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

² ผศ.ดร., หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

³ ดร., หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

¹ Master Student, Master of Education Program in Teaching Science, Mathematics and Computer, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, 95000

² Assistant Professor, Dr., Bachelor of Science Program in Chemistry Technology and Innovation, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, 95000

³ Dr., Master of Education Program in Science, Mathematics and Computer, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, 95000

* Corresponding author: E-mail: ruhaisa.d@yru.ac.th

**The Development of Packages Learning Focusing on Hands-on Activities
by using The 5E of Inquiry-Based Learning to Enhance Analytical Thinking Skills
on Stoichiometry of Grade 10 Students**

Waesakeeyah wani¹ Orawan Thipmanee² and Ruhaisa Dearamae^{3*}

Abstract

The objectives of the study were to 1) develop and to analyze the efficiency of packages learning focusing on hands-on activities by using the 5E of Inquiry-based learning on the stoichiometry, 2) study results of analytical thinking skill development, 3) investigate the satisfaction towards learning through the learning activity packages. The samples used in this research were 30 students on grade 10 from Amanahwittayanusorn school, Yala province selected by the cluster random sampling technique. The research tools consisted of packages learning, learning management plans, a test to measure analytical thinking skill, and a satisfaction assessment form. Analyze the efficiency of the activity set according to the E_1/E_2 at 70/70 criterion. T-test was used to compare the analytical thinking skill scores before and after learning then the posttest score of analytical thinking skill was also compared to the 70% criteria. Moreover, descriptive statistic such as mean and standard deviation were used to describe the satisfaction of students towards learning through the packages learning. The results showed that the efficiency of the packages learning was 76.70/75.20 according to the 70/70 criterion, the students' analytical thinking skill scores after learning with the activity set were higher than before and higher than the criterion at 70% with 0.05 level of significance and the average score of students' learning satisfaction with the packages learning was the highest level ($\bar{x} = 4.87$, S.D. = 0.33).

Keywords: The Packages Learning, Hands-on Activities, The 5E of Inquiry-Based Learning, Analytical Thinking Skill

บทนำ

การศึกษาเป็นปัจจัยขั้นพื้นฐานของคนไทยทุกคนที่รัฐบาลจัดให้เพื่อพัฒนาคนไทยให้มีความรู้ความสามารถในแต่ ละช่วงวัย รวมทั้งเป็นตัวกำหนดทิศทางของการพัฒนาประเทศให้ก้าวไกลได้ ซึ่งรัฐบาลได้ให้ความสำคัญเพื่อพัฒนาคนใน ประเทศให้เข้มแข็งพร้อมรับการเปลี่ยนแปลงของโลกในยุคศตวรรษที่ 21 (สำนักคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม แห่งชาติ, 2560) โดยหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นหลักสูตรที่มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนทุกคนให้เป็นมนุษย์ที่มีความ สมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาและการประกอบอาชีพ และมุ่งเน้นนักเรียนเป็น สำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มศักยภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี, 2560) โดยเฉพาะการศึกษาทางวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในโลกปัจจุบันและอนาคต เนื่องจากวิทยาศาสตร์ เกี่ยวข้องกับมนุษย์ในทุกด้าน นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนได้พัฒนาวิถีชีวิตที่เป็นเหตุเป็นผล การคิดสร้างสรรค์และการ คิดวิเคราะห์ เพื่อให้สามารถใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

วิชาเคมีเป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่ศึกษาในเรื่องของสสาร รวมถึงองค์ประกอบ โครงสร้างและคุณสมบัติของ สสาร (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ซึ่งเป็นนามธรรมและมีเนื้อหาที่ค่อนข้างยากและซับซ้อน ส่งผลให้นักเรียนทำข้อสอบไม่ค่อยได้ จากรายงานผลการสอบ 9 วิชาสามัญ พ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2564 คะแนนเฉลี่ยของวิชา เคมีในระดับประเทศลดลง พบว่า จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนทำได้คือ 29.03 และ 22.66 คะแนน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยคะแนนต่ำสุดหนึ่งในสามอันดับสุดท้ายของรายวิชาที่เปิดสอบ และจากผลการประเมินผล การทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary national educational test : O-NET) พ.ศ. 2561, 2562 และ พ.ศ. 2564 พบว่า นักเรียนในประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยของรายวิชาเคมีอยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 50 คือ 30.51, 28.87 และ 25.47 ตามลำดับ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2564) และจากรายงานผลการสอบวัดความรู้เชิงวิชาการ (Applied Knowledge Level : A-Level) พ.ศ. 2566 คะแนนเฉลี่ยของวิชาเคมี พบว่า จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คะแนนเฉลี่ยที่ นักเรียนทำได้ คือ 18.40 (ที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย, 2566) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนของ ประเทศไทยปัจจุบันยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร โดยเฉพาะโรงเรียนเอกชนสอนศาสนาในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ เป็นโรงเรียนผสมผสานรายวิชาสามัญและรายวิชาศาสนาให้ความสำคัญกับการพัฒนานักเรียนทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์ พบว่า ในปี พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2564 นักเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้คะแนน O-NET รายวิชา เคมีเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 50 คือ 28.21 และ 25.24 โดยเฉพาะคะแนน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ (สถาบันทดสอบ ทางการศึกษาแห่งชาติ, 2564)

จากปัญหาดังกล่าวจึงควรปรับวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา และเน้นให้นักเรียนได้ฝึก กระบวนการสืบค้นข้อมูลและสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองควบคู่ไปกับการฝึกความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่เน้นการลงมือ ปฏิบัติจริง (อรุณ ศรีโนนยาง, 2563) โดยนักเรียนจะเรียนรู้การฝึกคิดวิเคราะห์และฝึกทักษะต่าง ๆ จากการกระทำ ส่งผลให้ นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ได้ (จิตติรัตน์ แสงเลิศอุทัย, 2563) นอกจากนี้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) จัดเป็นรูปแบบของการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้โดยการ แสวงหาความรู้และศึกษาค้นคว้า เพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนสามารถ ค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาชุด กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้ 5 ขั้น มาใช้ในการเรียนการสอนให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อพัฒนาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุด กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ พร้อมศึกษาผลการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม การเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

วิธีการวิจัย

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียน อามานะวิทยานุสรณ์ อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา จำนวน 81 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียน อามานะวิทยานุสรณ์ จังหวัดยะลา จำนวน 30 คน ได้มาจากการเลือกแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

3. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ จำนวน 3 ชุด ประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกริยาเคมีและสมการเคมี 2) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การคำนวณปริมาณสารในปฏิกริยาเคมี และ 3) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง สารกำหนดปริมาณและผลได้ร้อยละ

3.2 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ จำนวน 7 แผน 14 ชั่วโมง ที่มีคุณภาพอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ประกอบด้วย 7 แผนการเรียนรู้ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ปฏิกริยาเคมี จำนวน 1 ชั่วโมง 2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมการเคมี จำนวน 2 ชั่วโมง 3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การคำนวณปริมาณสารในปฏิกริยาเคมี 1 จำนวน 2 ชั่วโมง 4) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การคำนวณปริมาณสารในปฏิกริยาเคมี 2 จำนวน 2 ชั่วโมง 5) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การคำนวณปริมาณสารในปฏิกริยาเคมี จำนวน 3 ชั่วโมง 6) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง สารกำหนดปริมาณ จำนวน 2 ชั่วโมง และ 7) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง ผลได้ร้อยละ จำนวน 2 ชั่วโมง

3.3 แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์เป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 34 ข้อ ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์แต่ละข้ออยู่ระหว่าง 0.50-0.80 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.60 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.85

3.4 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแบบสมดุมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale)

5 ระดับ จำนวน 15 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความพึงพอใจทั้งฉบับ เท่ากับ 0.87

4. การรวบรวมข้อมูล

4.1 ปฐมนิเทศและให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียน (Pre-test) เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วบันทึกผล

4.2 ดำเนินการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 7 แผน ใช้เวลา 14 ชั่วโมง

4.3 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วบันทึกผลลงในแบบบันทึกผลการทดสอบหลังเรียน

4.4 ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความพึงพอใจที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

5.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ใช้การทดสอบประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70 เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

5.2 วิเคราะห์ทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนประกอบด้วยการใช้สถิติเชิงอนุมาน Paired sample t-Test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน และสถิติเชิงอนุมาน One sample t-Test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

5.3 วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ระเบียบวิธีการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (One-group pretest-posttest design)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีผลการวิจัยดังนี้

1) ผลการพัฒนาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ จำนวน 3 ชุด ประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิริยาเคมีและสมการเคมี 2) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การคำนวณปริมาณสารในปฏิริยาเคมี และ 3) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง สารกำหนดปริมาณและผลได้ร้อยละ ดังรูปที่ 1



(ก)



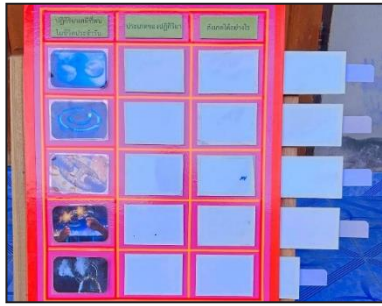
(ข)



(ค)

รูปที่ 1 (ก) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ปฏิริยาเคมีและสมการเคมี (ข) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การคำนวณปริมาณสารในปฏิริยาเคมี และ (ค) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สารกำหนดปริมาณและผลได้ร้อยละ

ทั้งนี้ในแต่ละชุดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยได้สร้างสื่อการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริงจำนวน 7 สื่อ ดังนี้ 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 ประกอบด้วย 2 สื่อ ได้แก่ สื่อการเรียนรู้ปฏิริยาเคมีและสมการเคมี ดังรูปที่ 2 (ก) และ (ข)



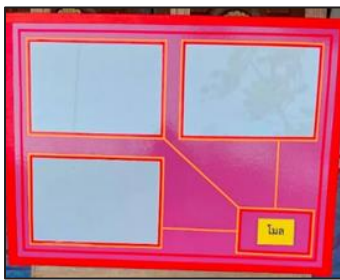
(ก)



(ข)

รูปที่ 2 (ก) สื่อการเรียนรู้ปฏิกิริยาเคมีและ (ข) สื่อการเรียนรู้สมการเคมี

2) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 ประกอบด้วย 3 สื่อ ได้แก่ สื่อการเรียนรู้ความสัมพันธ์ปริมาณสารในหน่วยต่าง ๆ รูปที่ 3 (ก) สื่อการเรียนรู้ การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี รูปที่ 3 (ข) และสื่อการเรียนรู้การคำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน ดังรูปที่ 3 (ค)



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3 สื่อการเรียนรู้ เรื่อง การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี

3) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 ประกอบด้วย 2 สื่อ ได้แก่ สื่อการเรียนรู้สารกำหนดปริมาณและสื่อการเรียนรู้ผลได้ร้อยละ ดังรูปที่ 4 (ก) และ (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 4 (ก) สื่อการเรียนรู้สารกำหนดปริมาณ และ (ข) สื่อการเรียนรู้ผลได้ร้อยละ

ทั้งนี้จากกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์

ลำดับที่	คะแนนกระบวนการจากการทำกิจกรรมและแบบฝึกหัดแต่ละกิจกรรม				คะแนนสอบ	
	กิจกรรมที่ 1 (30 คะแนน)	กิจกรรมที่ 2 (40 คะแนน)	กิจกรรมที่ 3 (30 คะแนน)	รวม (E ₁)	หลังเรียน (E ₂)	
รวม	703	889	709	2301	767	
ค่าเฉลี่ย	23.43	29.60	23.63	76.70	25.57	
ร้อยละของ ค่าเฉลี่ย	78.11	74.08	78.77	76.70	75.20	

ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม (E₁/E₂) = 76.70/75.20

ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าคะแนนกระบวนการจากใบกิจกรรมในแต่ละชุดกิจกรรมระหว่างเรียนคิดเป็นร้อยละ 76.70 และคะแนนจากการทดสอบหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 75.20 ดังนั้นประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีค่า E₁/E₂ เท่ากับ 76.70/75.20 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 เนื่องจากนักเรียนเข้าใจเนื้อหาสามารถคิดวิเคราะห์โจทย์ผ่านการทำกิจกรรมที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการสร้างโอกาสให้นักเรียนได้แสวงหาความรู้และค้นหาคำตอบ

2) ผลการศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

ผู้วิจัยได้ศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน และนำคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ดังตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์แต่ละด้านของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง

ทักษะการคิดวิเคราะห์	การทดสอบ	\bar{x}	S.D.	t	sig.
ด้านการจำแนก	ก่อนเรียน	7.16	1.31	9.93*	0.00
	หลังเรียน	9.83	1.01		
ด้านการจัดหมวดหมู่	ก่อนเรียน	3.50	1.22	10.77*	0.00
	หลังเรียน	6.33	0.95		
ด้านการสรุป	ก่อนเรียน	0.96	0.31	10.59*	0.00
	หลังเรียน	2.36	0.55		
ด้านการประยุกต์	ก่อนเรียน	1.83	1.20	13.14*	0.00
	หลังเรียน	5.20	0.63		
ด้านการคาดการณ์	ก่อนเรียน	0.73	0.52	7.99*	0.00
	หลังเรียน	1.66	0.47		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริงกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ทักษะการคิดวิเคราะห์	คะแนนเต็ม	เกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)	\bar{x}	S.D.	t	Sig.
ด้านการจำแนก	13	9.1	9.83	1.01	29*	0.00
ด้านการจัดหมวดหมู่	8	5.6	6.33	0.95	4.18*	0.00
ด้านการสรุป	3	2.1	2.36	0.55	2.62*	0.00
ด้านการประยุกต์	8	5.6	5.26	0.63	2.85*	0.00
ด้านการคาดการณ์	2	1.4	1.66	0.47	3.04*	0.00
รวมทักษะ 5 ด้าน	34	23.8	25.56	2.07	4.65*	0.00

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดวิเคราะห์ทั้ง 5 ด้านของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริงมุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทำให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบและใช้กระบวนการแสวงหาความรู้อย่างมีเหตุผลเป็นขั้นตอนทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

ตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 25.56 (S.D. = 2.07) คิดเป็นร้อยละ 75.17 ค่าที่เท่ากับ 4.65 แสดงให้เห็นว่าคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้เน้นเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจ คิดผ่านการตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น และเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์

3) ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง

โดยมีการประเมิน 5 ด้าน ได้แก่ ด้านชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง ด้านบทบาทนักเรียน ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล และด้านประโยชน์ที่นักเรียนได้รับ พบว่า โดยภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.87 (S.D. = 0.33) เนื่องจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม และมีส่วนร่วมในการวางแผนค้นหาคำตอบในการทำกิจกรรมการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทุกขั้นตอน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษา พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น มีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 76.70/75.20 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ทั้งนี้เมื่อนักเรียนเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด ซึ่งชี้ให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ สามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

อ้างอิง

- จิตติรัตน์ แสงเลิศอุทัย. (2563). การเรียนรู้จากการปฏิบัติ. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี*, 10(3), 155-163.
- ที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย. (2566). *ประกาศผลสอบ A-Level*. [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก : <https://www.prachachat.net/education/news-1264980>. [2 เมษายน 2566]
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2564). *สรุปผลการทดสอบการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน*. [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก : <http://www.niets.or.th/th/>. [10 ตุลาคม 2565]
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สำนักคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560*. กรุงเทพฯ : พริกหวานกราฟฟิค.
- อรุณ ศรีโนนยาง. (2563). การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยการเรียนรู้ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 14(2), 230-231.

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส โดยใช้วิธีการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์

และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

อามัน วีรภัทรภูภากร¹ อรวรรณ ทิพย์มณี² รุสัยษา ตีอราแม^{3*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส โดยใช้วิธีการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส โดยใช้วิธีการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ศึกษาทักษะการแก้ปัญหาและความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนดาราจุฬาวิทยา จังหวัดยะลา จำนวน 25 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการทำแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนและทำแบบสอบถามความพึงพอใจ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี ใช้เกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70 การเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนใช้การทดสอบค่าทีและเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหาก่อนเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี มีค่าเท่ากับ 77.04/75.25 สูงกว่าเกณฑ์ 70/70 คะแนนทักษะการแก้ปัญหาก่อนเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และคะแนนเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี มีค่าเท่ากับ 4.72 (S.D. = 0.44) อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วิธีการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ทักษะการแก้ปัญหา

¹ นักศึกษาปริญญาโท, หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

² ผศ.ดร., หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

³ ดร., หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

¹ Master Student, Master of Education Program in Teaching Science, Mathematics and Computer, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, 95000

² Assistant Professor, Dr., Bachelor of Science Program in Chemistry Technology and Innovation, Yala Rajabhat University, 95000,

³ Dr., Master of Education Program in Teaching Science, Mathematics and Computer, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, 95000

* Corresponding author: E-mail: ruhaisa.d@yru.ac.th

The Development of Chemistry Learning Activities on Acid-Base Topic using STEM Education Approach to Enhance Problem Solving Skills of Grade 11 Students in Science and Mathematics Project, Yala Rajabhat University (SMP-YRU)

A-man Wiraphatsadakon¹, Orawan Thipmanee² Ruhaisa Dearamae^{3*}

Abstract

This research is the development of chemistry learning activities on acid-base topic using STEM education approach. The aimed to develop and efficiency analysis of chemistry learning activities on acid-base by using STEM education approach, then study on the problem solving skill and satisfaction towards learning through the chemistry learning activities. The samples were 25 students on grade 11 under the Science and Mathematics Project of Darulhuda witya school, Raman district, Yala province selected by the cluster random sampling technique. The pretest and posttest were given to the student samples for assessing the problem solving skill before and after learning respectively. Questionnaires for assessing the satisfaction towards learning through Chemistry learning activities. Chemistry learning activities were analyzed E_1/E_2 equal to 70/70 criteria. T-Test was used to compare the problem solving skill scores before and after learning then the posttest score of problem solving skill was also compared to the 70% criteria. Moreover, descriptive statistic such as mean and standard deviation were used to describe the satisfaction of students towards learning through the chemistry learning activities. The research findings revealed that the efficiency of the chemistry learning activities was 77.04/75.25 which was above the standard of E_1/E_2 equals to 70/70 criteria. The problem solving skill mean score of student samples after learning was significantly higher than before learning and also significantly higher than the specified criterion at 70% with 0.05 level of significance. The mean score of the satisfaction of the students towards learning through the chemistry learning activities was 4.72 (S.D.=0.44) which was the highest level.

Keywords: Learning Activities, STEM Education Approach, Problem Solving Skill

บทนำ

ปัจจุบันโลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในทุกด้าน การเปลี่ยนแปลงในแต่ละด้านส่งผลกระทบต่อสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อมและการเมืองในหลาย ๆ ประเทศ การศึกษาจึงเป็นเครื่องมือสำคัญช่วยยกระดับคุณภาพของมนุษย์เพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและเป็นกำลังสำคัญในการนำประเทศเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 การเรียนรู้ในศตวรรษนี้จึงเป็นการเรียนรู้ที่ทำให้ นักเรียนเกิดการตื่นตัวตลอดเวลา (Active learning) นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติจนเกิดทักษะต่าง ๆ (ฉัตรดนัย สุวรรณรงค์ และสิทธิพล อาจอินทร์, 2563)

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้ปรับปรุงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดใน พ.ศ. 2560 เพื่อให้การจัดการศึกษามีคุณภาพเทียบเท่าระดับสากล อีกทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดอย่างมีเหตุผลและทักษะการแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) โดยทั้ง 2 ทักษะมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้เคมี เนื่องจากวิชาเคมีเป็นวิชาที่มีเนื้อหาซับซ้อนทำความเข้าใจยาก เห็นได้จากผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลภายใต้การประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า ประเทศไทยได้คะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของ PISA 2558 และ PISA 2561 เท่ากับ 421 และ 426 คะแนน จากคะแนนมาตรฐานที่ 500 คะแนน ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานกลางของ OECD (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) และสอดคล้องกับคะแนนการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ในปีการศึกษา 2562 พบว่ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร มีคะแนนเฉลี่ย 28.87 และในปีการศึกษา 2564 สาระวิทยาศาสตร์กายภาพมีคะแนนเฉลี่ย 25.41 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ซึ่งยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2564) ดังนั้นครูจึงต้องหาวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ทำให้ นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจจนนักเรียนสามารถสร้างกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลาได้จัดตั้งโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (Science Mathematics Program : SMP) โรงเรียนพื้นที่เป้าหมายจังหวัดยะลาโดยเลือกพัฒนาโรงเรียนเป้าหมายที่เป็นโรงเรียนเอกชนสอนศาสนาควบคู่สามัญ สังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชนจังหวัดยะลา รวมทั้งหมด 15 โรงเรียน โดยการจัดการเรียนการสอนรายวิชาเคมีที่ผ่าน มา พบว่า นักเรียนที่ตั้งใจเรียนและเรียนเก่งมักจะเป็นนักเรียนที่มีความเข้าใจในทฤษฎีแต่ยังไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหานักเรียน (รุ่งลาวัลย์ จันทรรตนา, ศิริชัย นามบุรี และอัสมาอ์ โต๊ะยอ, 2561)

ทักษะการแก้ปัญหาคือความสามารถในการคิดและลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยหรือปัญหาใหม่ โดยใช้ความรู้ ทักษะ วิธีการและประสบการณ์ที่เคยรู้มาแล้วหรือการสืบเสาะหาความรู้วิธีการใหม่มาใช้แก้ปัญหา โดยการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยฝึกนักเรียนให้มีทักษะการแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนการสอนเชิงบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงศาสตร์ทั้ง 4 เข้าด้วยกัน (Bybee, 2010) จึงเป็นแนวทางที่สามารถนำไปใช้กับนักเรียนให้มีความรู้และเกิดทักษะการคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหา ตลอดจนให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติแก้ปัญหามาจากสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งการฝึกฝนให้นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหานั้นจะเป็นภูมิคุ้มกันให้กับนักเรียนในการเชื่อมโยงสิ่งที่ได้ฝึกฝนในห้องเรียนสู่การนำไปใช้ในการดำเนินชีวิตจริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

จากความเป็นมาและความสำคัญข้างต้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส โดยใช้วิธีการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70 ศึกษาทักษะการแก้ปัญหานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้บูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การออกแบบเชิงวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ในการสร้างชิ้นงานส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหา

วิธีการวิจัย

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จำนวน 12 ห้องเรียน ซึ่งมีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 330 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนดารุลอูดาห์วิทยา จังหวัดยะลา จำนวน 25 คน ได้มาจากการการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

3. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส จำนวน 4 ชุด ประกอบด้วย

- 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง การแตกตัวของกรด-เบส
- 2) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง ปฏิกริยาเคมีระหว่างกรด-เบส
- 3) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง พิเอชของสารละลายและอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส
- 4) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส

3.2 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาประกอบการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส จำนวน 4 แผน ใช้เวลา 14 ชั่วโมง ที่มีคุณภาพอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.98 ประกอบด้วย

- 1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การแตกตัวของกรด-เบส จำนวน 3 ชั่วโมง
- 2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปฏิกริยาเคมีระหว่างกรด-เบส จำนวน 3 ชั่วโมง
- 3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พิเอชของสารละลายและอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส จำนวน 3 ชั่วโมง
- 4) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส จำนวน 5 ชั่วโมง

3.3 แบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 32 ข้อ เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยมีค่าความยากง่ายของแบบทดสอบแต่ละข้ออยู่ระหว่าง 0.50-0.80 มีค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแต่ละข้ออยู่ระหว่าง 0.20-0.40 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.74

3.4 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส โดยใช้วิธีการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นแบบสมดุลมাত্রาส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ มีประเด็นการประเมินทั้งหมด 5 ด้าน ได้แก่

1) ด้านชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี 2) ด้านบทบาทนักเรียน 3) ด้านการจัดการเรียนรู้ 4) ด้านการวัดและประเมินผล และ 5) ด้านประโยชน์ที่นักเรียนได้รับ ประกอบด้วยข้อคำถาม จำนวน 15 ข้อ ที่ครอบคลุมประเด็นการประเมินทุกด้าน มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความพึงพอใจทั้งฉบับเท่ากับ 0.84

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 ปฐมนิเทศและให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาก่อนเรียน (Pre-test) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วบันทึกผล

4.2 ดำเนินการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส โดยใช้วิธีการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 แผน ใช้เวลา 14 ชั่วโมง

4.3 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วบันทึกผลลงในแบบบันทึกผลการทดสอบหลังเรียน

4.4 ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความพึงพอใจที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส โดยใช้วิธีการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

5.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส โดยใช้วิธีการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยการทดสอบประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70

5.2 วิเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน ประกอบด้วย สถิติเชิงอนุมาน (Paired sample t-Test) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน และสถิติเชิงอนุมาน (One sample t-Test) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

5.3 วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส โดยใช้วิธีการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ระเบียบวิธีการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (One-group pretest-posttest design)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส โดยใช้วิธีการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา โดยมีผลการวิจัย ดังนี้

1) ผลการพัฒนาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส

ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส ทั้งหมด 4 ชุด ดังรูปที่ 1 (ก)-(ง) โดยใช้ขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้แก่ 1) ขั้นตอนการระบุปัญหา 2) ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับแก้ปัญหา 3) ขั้นตอนการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) ขั้นตอนการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ขั้นตอนการทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) ขั้นตอนการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 1 (ก) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี ชุดที่ 1 เรื่อง การแตกตัวของกรด-เบส (ข) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี ชุดที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรด-เบส (ค) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี ชุดที่ 3 เรื่อง พีเอชของสารละลายและอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส และ (ง) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี ชุดที่ 4 เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส

รูปที่ 1 ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส ทั้งหมด 4 ชุด โดยรูปที่ 1 (ก) เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีชุดที่ 1 เรื่อง การแตกตัวของกรด-เบส: กิจกรรมไฟสว่างด้วยน้ำ โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนได้ระบุปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นนักเรียนต้องสืบค้นและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการแตกตัวของกรดและเบส เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกใช้สารเคมีที่จะนำมาใช้เป็นสารละลายอินดิเคเตอร์สำหรับการประดิษฐ์โคมไฟ รูปที่ 1 (ข) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีชุดที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรด-เบส: กิจกรรมผลิตภัณฑื้ประคบร้อน โดยให้นักเรียนในกลุ่มช่วยกันระดมความคิดและประดิษฐ์ผลิตภัณฑื้ประคบร้อนเพื่อใช้ในการประคบร้อนและบรรเทาอาการปวด โดยอาศัยหลักการปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรด-เบสและมีเงื่อนไขว่าผลิตภัณฑื้ประคบร้อนต้องให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 45-55 °C เป็นเวลาอย่างน้อย 10-15 นาที รูปที่ 1 (ค) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีชุดที่ 3 เรื่อง พีเอชของสารละลายและอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส: กิจกรรมอินดิเคเตอร์และแผ่นเทียบสี ผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนได้ออกแบบและสร้างชุดอินดิเคเตอร์และแผ่นเทียบสี โดยใช้น้ำจากพืชดอกให้ได้สีที่เข้มข้นมากที่สุด จากนั้นนำมาทดสอบโดยการหยดสารละลายบัฟเฟอร์เพื่อดูการเปลี่ยนสีในแต่ละช่วงพีเอช รูปที่ 4 (ง) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี ชุดที่ 4 เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส: กิจกรรมชุดไทเทรตไมโครสเกล สำหรับกิจกรรมในชุดนี้เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ร่วมกันออกแบบและสร้างชุดไทเทรตไมโครสเกล โดยเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อได้ง่าย ต้นทุนต่ำและใช้สารเคมีน้อยที่สุด จากนั้นผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพชุดกิจกรรมชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส

ลำดับที่	คะแนนกระบวนการจากการทำกิจกรรมและใบงานแต่ละชุดกิจกรรม					คะแนนสอบหลังเรียน (E ₂)
	กิจกรรมที่ 1 (20 คะแนน)	กิจกรรมที่ 2 (20 คะแนน)	กิจกรรมที่ 3 (30 คะแนน)	กิจกรรมที่ 4 (30 คะแนน)	รวม (E ₁)	
รวม	369	373	590	594	1926	602
ค่าเฉลี่ย	14.76	14.92	23.60	23.76	77.04	24.08
ร้อยละของค่าเฉลี่ย	73.80	74.60	78.67	79.20	77.04	75.25

ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม (E₁/E₂) = 77.04/75.25

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าคะแนนจากแบบบันทึกกิจกรรมและใบงานที่นักเรียนทำกิจกรรมระหว่างเรียน มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 77.04 และคะแนนทดสอบหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75.25 ดังนั้นประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 77.04/75.25 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ เพราะการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเน้นให้นักเรียนได้ฝึกคิด ทำงานเป็นกลุ่ม และแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาบูรณาการกับวิธีการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น และชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วยกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือทำด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมและงานที่ได้รับมอบหมาย ส่งผลให้คะแนนจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียนและคะแนนจากการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของเพชรศิรินทร์ ตุ่นคำ (2559) พบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนสะเต็มมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 80.72 /71.79 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนด คือ 70/70

2) ผลการศึกษาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส

ผู้วิจัยทำการศึกษาทักษะการแก้ปัญหาโดยการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน และนำคะแนนทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ดังตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส โดยพิจารณาแต่ละด้าน

ทักษะการแก้ปัญหา	การทดสอบ	\bar{x}	S.D.	t	Sig.
การระบุปัญหา	ก่อนเรียน	3.68	0.81	13.86*	0.00
	หลังเรียน	6.08	0.63		
การวิเคราะห์ปัญหา	ก่อนเรียน	3.68	0.69	15.58*	0.00
	หลังเรียน	6.04	0.73		
การเสนอวิธีการแก้ปัญหา	ก่อนเรียน	3.44	0.92	17.98*	0.00
	หลังเรียน	6.00	0.71		
การตรวจสอบผลลัพธ์	ก่อนเรียน	3.52	0.77	11.86*	0.00
	หลังเรียน	5.88	0.67		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยทั้ง 4 ด้านของทักษะการแก้ปัญหา ได้แก่ การระบุปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 6.08 (S.D. = 0.63) สูงกว่าก่อนเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.68 (S.D. = 0.81) การวิเคราะห์ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 6.04 (S.D. = 0.73) สูงกว่าก่อนเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.68 (S.D. = 0.69) การเสนอวิธีการแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 6.00 (S.D. = 0.71) สูงกว่าก่อนเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.44 (S.D. = 0.92) และการตรวจสอบผลลัพธ์ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 5.88 (S.D. = 0.67) สูงกว่าก่อนเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.52 (S.D. = 0.77) และในภาพรวมมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 24.08 (S.D. = 1.75) สูงกว่าก่อนเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.32 (S.D. = 2.48) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากการจัดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถกระตุ้นให้นักเรียนมีการระดมความคิดในการระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด มีความกระตือรือร้น มีความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา เพื่อสรุปคำตอบของปัญหานั้น ส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหาหลังทำกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Duc, Linh and Yuenyong (2019) ที่ได้เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้วิธีการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ทักษะการแก้ปัญหา	คะแนนเต็ม	เกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)	\bar{x}	S.D.	t	Sig.
การระบุปัญหา	8	5.60	6.08	0.81	2.95*	0.00
การวิเคราะห์ปัญหา	8	5.60	6.04	0.73	2.99*	0.00
การเสนอวิธีการแก้ปัญหา	8	5.60	6.00	0.71	2.83*	0.00
การตรวจสอบผลลัพธ์	8	5.60	5.88	0.67	2.10*	0.02
รวมทักษะ 4 ด้าน	32	24.00	24.08	1.75	4.79*	0.00

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 24.08 (S.D. = 1.75) คิดเป็นร้อยละ 75.25 ค่าที่เท่ากับ 4.79 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านการระบุปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.08 (S.D. = 0.81) คิดเป็นร้อยละ 76 ด้านการวิเคราะห์ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.04 (S.D. = 0.73) คิดเป็นร้อยละ 75.50 ด้านการเสนอวิธีการแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.00 (S.D. = 0.71) คิดเป็นร้อยละ 75 และด้านการตรวจสอบผลลัพธ์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.88 (S.D. = 0.67) คิดเป็นร้อยละ 73.50 เนื่องจากนักเรียนได้ทำกิจกรรมตามขั้นตอนของการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้น ทำให้ได้นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีในการแก้ปัญหา ส่งผลให้เกิดทักษะการแก้ปัญหาหลังทำกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุนีสา แสงสว่าง และดุจดเดือน ไชยพิชิต (2564) ที่ได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบ 6E Learning ร่วมกับการใช้สื่อประสม พบว่า นักเรียนมีคะแนนเท่ากับร้อยละ 82.78 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70

3) ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี

โดยมีการประเมิน 5 ด้าน ได้แก่ ด้านชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี ด้านบทบาทนักเรียน ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล และด้านประโยชน์ที่นักเรียนได้รับ พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 (S.D. = 0.44) ทั้งนี้เพราะชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือทำและมีส่วนร่วมในการคิดแก้ปัญหาในทุกขั้นตอน ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานสำหรับการแก้ปัญหาได้

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษา พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส โดยใช้วิธีการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษามีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 77.04/75.25 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 แสดงว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมีมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน เมื่อนักเรียนเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด ซึ่งชี้ให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้เคมี เรื่อง กรด-เบส ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน

อ้างอิง

- ฉัตรดนัย สุวรรณรงค์ และสิทธิพล อาจอินทร์. (2563). การพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมสะเต็มศึกษา. *วารสาร บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร*, 17(78), 71-80.
- เพชรศิรินทร์ ตุ่นคำ. (2559). การเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ในวิชาเคมีเกี่ยวกับโปรตีน สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร*, 16(3), 217-234.
- รุ่งลาวัลย์ จันทร์ตนา, ศิริชัย นามบุรี และอัสมาอี ไต้ะยอ. (2561). การประเมินโครงการจัดตั้งห้องเรียนพิเศษโปรแกรมวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ Science and Mathematics Program (SMP) มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. *วารสาร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*, 13(2), 203-215.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2564). *สรุปผลการทดสอบการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (ONET) ระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 6*. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.niets.or.th>. [9 กรกฎาคม 2565].
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- _____. (2561). แฟร็กทัลกับระบบพลวัต. *นิตยสาร สสวท*, 46(210), 44-48.
- _____. (2564). *ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สุนิสา แสงสว่าง และดุจเดือน ไชยพิชิต. (2564). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหารายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบ 6E Learning ร่วมกับการใช้สื่อประสมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *Journal of Roi Kaensam Academi*. 6(6), 305-306.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Duc, N. M.,Linh, N. Q. and Yuenyong, C. (2019). Implement of STEM Education in Vietnamese High School: Unit of Acid-Base Reagent from Purple Cabbage. *Journal of Physics: Conference Series*, 1340(1) 12-29.

การพัฒนาวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้วิธีการสอนแบบ
 ทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง พลังงานกล
 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ชญัญญาช แยมไสว¹ รุ้ยชชา ตือราแม² และมุนีเร้าะ ผดุง^{3*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่อง พลังงานกล ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 ศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์ และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม กลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบันนังสตาวิทยา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษายะลา จำนวน 28 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ 1) วัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม 2) แผนการจัดการเรียนรู้ 3) แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ และ 4) แบบประเมินความพึงพอใจ การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการทำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนและทำแบบประเมินความพึงพอใจ การวิเคราะห์ ประสิทธิภาพของวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ ใช้เกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70 การเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนใช้การทดสอบกลุ่มเป้าหมาย 1 กลุ่ม และการทดสอบข้อมูล 2 กลุ่มที่ไม่อิสระต่อกัน และการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม มีค่าเท่ากับ 77.95/76.79 สูงกว่าเกณฑ์ 70/70 คะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์สูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และคะแนนเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์มีค่าเท่ากับ 4.42 (S.D. = 0.23) อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: วัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย
 ทักษะการคิดวิเคราะห์

¹ นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

² ดร.,หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

³ ผศ.ดร.,หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

¹ Master Student, Education of Teaching Science, Mathematics and Computer, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University

² Dr., Education of Teaching Science, Mathematics and Computer, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University 95000

³ Assistant Professor, Dr., Education of Teaching Science, Mathematics and Computer, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University 95000

Corresponding author: E-mail: ruhaisa.d@yru.ac.th

The Development of Physics Learning Innovation through Augmented Reality (AR) using Predict-Observe-Explain (POE) Method to Enhance Analytical Thinking Skills on Mechanical Energy of Grade 10

Chanyanuch Yaemsawai¹ Ruhaisa Dearamae² and Muneeroh Phadung^{3*}

Abstract

This research aimed to develop and analyze the efficiency of physics learning innovation with augmented reality (AR) using predict-observe-explain (POE) method on mechanical energy topic with on efficiency of 70/70, To study analytical thinking skills and satisfaction of students towards physics learning innovation with augmented reality (AR). The samples were 28 grade 10 students from Bannangstawittaya school in The Secondary Educational Service Area Office Yala selected by purposive technique. The research instruments were 1) physics learning innovation with AR 2) lesson plans 3) analytical thinking skills test and 4) questionnaire for assessing the satisfaction. Data collected was taken, pre-test and post-test and assessment of satisfaction. Data analysis was used the efficiency of the physics learning innovation according to E_1/E_2 criteria, Inferential statistics included pair sample t-Test and one sample t-Test and descriptive statistic such as mean and standard deviation. The results showed that the efficiency of physics learning innovation with AR technology was 77.95/76.79 higher than 70/70 criterion, the analytical thinking skills scores of students after learning with physics learning innovation with AR were higher than before learning and higher than criteria of 70 percent at the statistical significance level of 0.05, and the mean score of the satisfaction of students towards physics learning innovation with AR was 4.42 (S.D. = 0.23) which was in the highest level.

Keyword: Physics Learning Innovation, Augmented Reality (AR), Predict-Observe-Explain (POE) method, Analytical Thinking Skills

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมปัจจุบันและอนาคต ทั้งนี้ความรู้วิทยาศาสตร์ที่ผสมผสานกับการคิดวิเคราะห์และศาสตร์อื่น ๆ ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์ได้พัฒนาวิธีคิดอย่างมีเหตุผลซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการค้นหาความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ถึงแม้ว่าวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการพัฒนาความเป็นอยู่ของคนให้ดีขึ้น แต่ด้านการศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควรเห็นได้จากโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) พบว่า ประเทศไทยได้คะแนน PISA ในปี 2558 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 421 คะแนน และ PISA ในปี 2561 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 426 คะแนน จากคะแนนมาตรฐานที่ 500 คะแนน ซึ่งให้เห็นว่านักเรียนในประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานกลางขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) นอกจากนี้ คะแนนการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐานชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (Ordinary National Educational Test: O-Net) ระดับประเทศ ปีการศึกษา 2563 - 2564 พบว่า วิชาวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ย 38.68 และ 29.04 คะแนน ตามลำดับ และคะแนนเฉลี่ยของวิชาวิทยาศาสตร์ สาระวิทยาศาสตร์กายภาพ ระดับเขตพื้นที่ของโรงเรียนขนาดกลาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่

การศึกษามัธยมศึกษาชยะลา มีค่าคะแนนเฉลี่ย 25.75 และ 24.92 คะแนน ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ซึ่งยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2564) จากข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนในโรงเรียนขนาดกลาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาชยะลา มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าระดับประเทศและต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยเฉพาะการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ที่มีปัญหาด้านการวิเคราะห์และแก้ปัญหาโจทย์ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถวิเคราะห์ตีความหมายโจทย์และไม่สามารถเลือกใช้สูตรหรือสร้างสมการแทนค่าในสูตร ส่วนหนึ่งเกิดจากครูกำหนดวิธีการแก้ปัญหาและเลือกใช้สมการในการคำนวณตามวิธีการที่ครูกำหนดเพื่อให้นักเรียนสามารถทำข้อสอบได้ ซึ่งการเรียนการสอนลักษณะนี้ทำให้นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์สมการด้วยตนเองและขาดทักษะการคิดแบบรวบยอดในเรื่องต่าง ๆ ส่งผลให้คะแนนการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐานระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนขนาดกลาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาชยะลา ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ สาระวิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์) ค่อนข้างต่ำ

จึงเห็นได้ว่าทักษะการคิดวิเคราะห์เป็นหนึ่งในทักษะสำคัญที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ส่งผลให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดด้านอื่น ๆ ให้สูงขึ้น นักเรียนสามารถจำแนก จัดหมวดหมู่ เชื่อมโยง สรุปความ และประยุกต์ องค์ความรู้ของตนเองได้ (Marzano, 2001) การใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษาเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยเฉพาะเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented reality) ที่ครูสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญในการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ เป็นเครื่องมือสำคัญที่กระตุ้นจินตนาการและความสนใจให้กับนักเรียนได้เป็นอย่างดี (ไพฑูริย์ ศรีฟ้า, 2555) นอกจากนี้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-observe-explain) ถือเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ที่อีกวิธีหนึ่งที่ให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวคิดและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านขั้นตอนการคาดการณ์สถานการณ์เพื่อทำนายผลที่จะเกิดขึ้น โดยนักเรียนอาจมีความรู้เดิมมาก่อนจากนั้นได้สังเกตผลและอธิบายเปรียบเทียบกับสิ่งที่ทำนายไว้ หากผลการสังเกตได้ไม่ตรงกับที่ทำนายไว้ นักเรียนจะเกิดความท้อแท้ในการค้นหาความรู้เพื่อตรวจสอบผลการทำนายทำให้นักเรียนได้ค้นพบด้วยตนเองมากขึ้น

จากความเป็นมาและความสำคัญข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนารูปแบบการสอนที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดเป็น วิเคราะห์เป็น สามารถจำแนกให้เหตุผล จับประเด็นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ตัดสินใจ และแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70 ศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง พลังงานกล และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์สูงขึ้น

วิธีการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 28 คน ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนบันนังสตาวิทยา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาชยะลา ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มเป้าหมายแบบเจาะจง (Purposive technique)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 นวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่อง พลังงานกล จำนวน 1 นวัตกรรม ประกอบด้วยเนื้อหา เรื่อง พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น การอนุรักษ์พลังงานกล และเครื่องกล

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่อง พลังงานกล จำนวน 5 แผน ใช้เวลา 14 ชั่วโมง มีคุณภาพอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พลังงานจลน์ จำนวน 4 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง จำนวน 2 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

จำนวน 2 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การอนุรักษ์พลังงานกล จำนวน 4 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง เครื่องกล จำนวน 2 ชั่วโมง

2.3 แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ จำนวน 30 ข้อ โดยเป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยมีค่าความยากง่ายของแบบทดสอบแต่ละข้ออยู่ระหว่าง 0.50-0.80 มีค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแต่ละข้ออยู่ระหว่าง 0.20-0.40 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.86

2.4 แบบประเมินความพึงพอใจต่อวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม จำนวน 15 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความพึงพอใจทั้งฉบับเท่ากับ 0.79

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

- 3.1 ปฐมนิเทศและให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียน (Pre-test)
- 3.2 ดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ จำนวน 14 ชั่วโมง
- 3.4 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียน
- 3.5 ให้นักเรียนทำแบบสอบถามความพึงพอใจที่เรียนด้วยวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

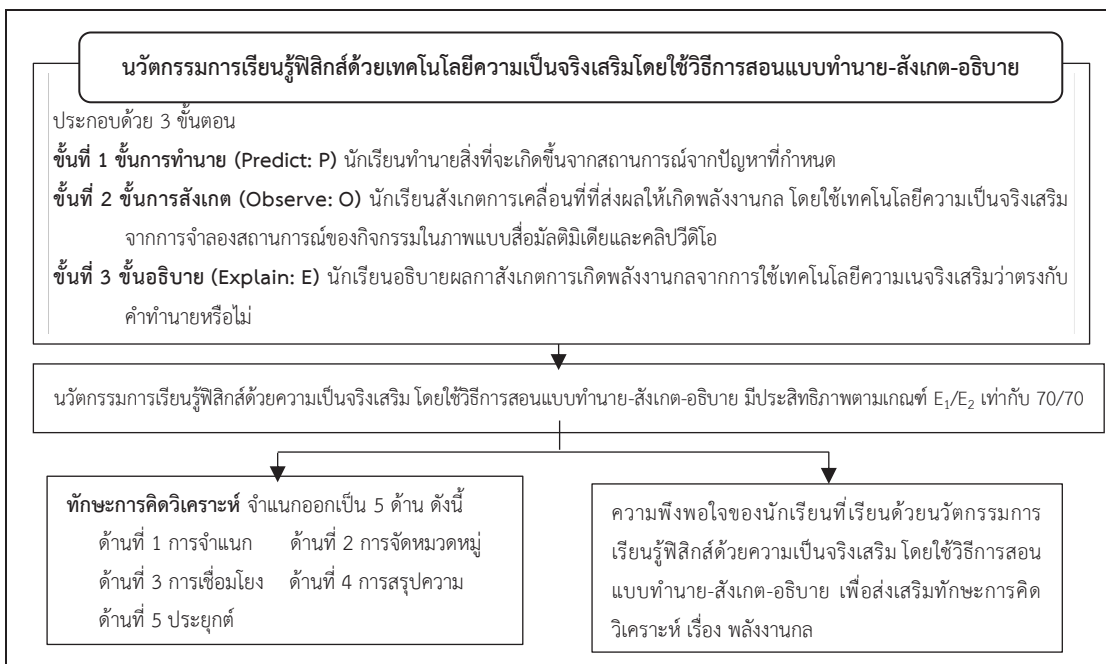
งานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

4.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพพหุวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของเครื่องมืออยู่ที่ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70

4.2 วิเคราะห์การวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนโดยใช้สถิติเชิงอนุมาน Paired sample t-Test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน และใช้สถิติเชิงอนุมาน One sample t-Test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

4.3 วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

กรอบแนวคิดการวิจัย



ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง พลังงานกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พลังงานกล ประกอบด้วย เรื่อง พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น การอนุรักษ์พลังงานกล และเครื่องกล (ภาพที่ 1)



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 1 ตัวอย่างนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย

ภาพที่ 1 เป็นตัวอย่างนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ซึ่งผู้วิจัยออกแบบนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมบนเว็บไซต์ www.vidinoti.com โดยสร้างสถานการณ์ให้มีสัญลักษณ์ Marker เพื่อใช้สแกน AR และทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง พลังงานกล โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70 ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

ลำดับที่	คะแนนกระบวนการจากการทำกิจกรรมและแบบฝึกหัดแต่ละกิจกรรม (เรื่องละ 16 คะแนน รวม 80 คะแนน)						คะแนนสอบ หลังเรียน (E_2)
	เรื่องที่ 1	เรื่องที่ 2	เรื่องที่ 3	เรื่องที่ 4	เรื่องที่ 5	รวม (E_1)	
รวม	375	361	352	344	314	1746	645
เฉลี่ย	13.39	12.89	12.57	12.29	11.21	62.36	23.04
ร้อยละของค่าเฉลี่ย	83.71	80.58	78.57	76.79	70.09	77.95	76.79
ประสิทธิภาพของนวัตกรรม $E_1/E_2 = 77.95 / 76.79$							

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

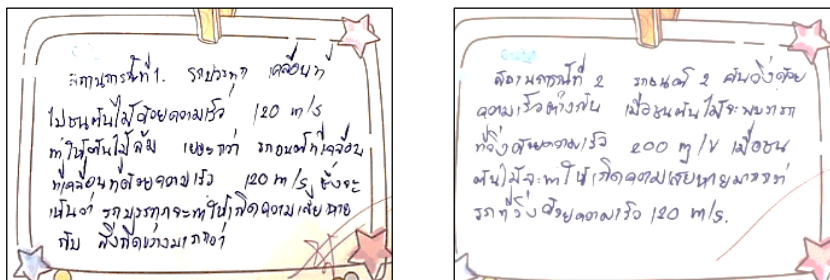
ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าคะแนนกระบวนการจากการทำกิจกรรมและแบบฝึกหัด มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 77.95 และคะแนนจากการทดสอบหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 76.79 ดังนั้น ประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ มีค่าเท่ากับ $77.95 / 76.79$ เป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 ทั้งนี้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบายด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านขั้นตอนทำนายผลที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าก่อนทำกิจกรรม

สำหรับการใช้นวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้การสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง พลังงานกล ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นทำนาย 2) ขั้นการสังเกต 3) ขั้นการอธิบาย เพื่อให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่นักเรียนสังเกตตรงกันหรือแตกต่างกับสิ่งที่นักเรียนทำนายไว้ ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่เกิดจากทักษะการคิดวิเคราะห์ผ่านการเรียนรู้ด้วยตนเอง ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการใช้สื่อ AR เรื่อง พลังงานจลน์ ในขั้นที่ 2 การสังเกต (Observe: O)

ภาพที่ 2 เมื่อนักเรียนใช้แอปพลิเคชัน V-Player สแกนหน้าที่มีสัญลักษณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้เป็น Marker แอปพลิเคชัน V-Player จะแสดงสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในรูปแบบมัลติมีเดียและคลิปวิดีโอ ทำให้นักเรียนสังเกตลักษณะการล้มของต้นไม้แต่ละสถานการณ์แล้ววิเคราะห์หาว่า สถานการณ์ที่ 1 รถคันไหนที่ชนแล้วทำให้ต้นไม้ล้มเป็นจำนวนมาก และสถานการณ์ที่ 2 รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าใดที่ทำให้ต้นไม้ล้ม แล้วให้แต่ละกลุ่มช่วยกันสังเกตจำนวนที่ต้นไม้ล้มทั้ง 2 สถานการณ์ พร้อมจดบันทึกผลการสังเกตลงในใบบันทึกผล (ภาพที่ 3) จากนั้นครูตั้งคำถามต่อว่า “เพราะเหตุใดต้นไม้ถึงหักล้มไม่เท่ากัน” โดยให้นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของมวลและความเร็วพร้อมสรุปการเกิดพลังงานจลน์



ภาพที่ 3 ตัวอย่างที่นักเรียนวิเคราะห์การเกิดพลังงานจลน์ในขั้นการสังเกต

ภาพที่ 3 ตัวอย่างที่นักเรียนวิเคราะห์การเกิดพลังงานจลน์ในขั้นการสังเกตจากสถานการณ์ทั้ง 2 นักเรียนสามารถวิเคราะห์ได้ว่า รถที่มีขนาดแตกต่างกันเมื่อวิ่งด้วยความเร็วเท่ากันไปชนต้นไม้ ต้นไม้ที่ล้มจะไม่เท่ากัน และขณะเดียวกันเมื่อรถมีขนาดเท่ากันแต่ใช้ความเร็วต่างกันไปชนต้นไม้ ต้นไม้ที่ล้มจะไม่เท่ากัน จากที่นักเรียนตอบชี้ให้เห็นว่า หลังจากนักเรียนใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในขั้นตอนการสังเกตทำให้นักเรียนเกิดทักษะการเชื่อมโยง สรุปความและสามารถประยุกต์ในการทำโจทย์ได้

2. ผลการศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่อง พลังงานกล

ผู้วิจัยได้ศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์แต่ละด้านโดยเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนและนำคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ดังตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ 3

ที่	ทักษะการคิดวิเคราะห์	คะแนนเต็ม	การทดสอบ	\bar{X}	S.D.	t	df	sig.
1	การจำแนก	5	ก่อนเรียน	3.57	0.21	3.81*	27	0.00
			หลังเรียน	4.11	0.21			
2	การจัดหมวดหมู่	6	ก่อนเรียน	4.18	0.23	2.93*	27	0.00
			หลังเรียน	4.75	0.23			
3	การเชื่อมโยง	8	ก่อนเรียน	5.71	0.22	3.10*	27	0.00
			หลังเรียน	6.18	0.21			
4	การสรุปความ	6	ก่อนเรียน	4.04	0.22	4.08*	27	0.00
			หลังเรียน	4.61	0.19			
5	การประยุกต์	5	ก่อนเรียน	3.04	0.20	3.38*	27	0.00
			หลังเรียน	3.39	0.18			
รวมทักษะ 5 ด้าน			ก่อนเรียน	20.54	0.21	3.81*	27	0.00
(คะแนนเต็ม 30 คะแนน)			หลังเรียน	23.04	0.21	0.21		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเป็นการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้และได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เดิมซึ่งชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ ทั้ง 5 ด้าน ของนักเรียนหลังเรียนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ทักษะการคิดวิเคราะห์	คะแนนเต็ม	ร้อยละ 70	\bar{X}	S.D.	t	sig.
การจำแนก	5	3.50	4.11	1.10	2.92*	0.00
การจัดหมวดหมู่	6	4.20	4.75	1.21	2.41*	0.01
การเชื่อมโยง	8	5.60	6.18	1.09	2.81*	0.00
การสรุปความ	6	4.20	4.61	0.99	2.17*	0.02
การประยุกต์	5	3.50	3.39	0.96	0.59	0.28
รวมทักษะ 5 ด้าน	30	21.00	23.04	3.51	3.07*	0.00

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{X} = 23.04$, S.D. = 3.51) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 76.79 ค่าที่เท่ากับ 3.07 แสดงให้เห็นว่าคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 เนื่องจากนักเรียนสามารถนำความรู้มาใช้ในการสังเกตและจำแนกแยกแยะรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ หรือเหตุการณ์ที่เหมือนหรือแตกต่างกันออกเป็นส่วน ๆ อย่างมีหลักเกณฑ์และเข้าใจง่าย

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย

ผู้วิจัยได้ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 28 คน ที่ได้เรียนรู้ผ่านนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ โดยมีการประเมิน 5 ด้าน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวัดระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนรู้ด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยความเป็นจริงเสริม โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1 ด้านกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.50	0.66	มากที่สุด
2 ด้านบรรยากาศการเรียนรู้	4.39	0.68	มากที่สุด
3 ด้านนวัตกรรมการเรียนรู้	4.52	0.69	มากที่สุด*
4 ด้านการวัดและการประเมินผล	4.24	0.71	มากที่สุด
5 ด้านประโยชน์ที่ได้รับ	4.46	0.67	มากที่สุด
รวม 5 ด้าน เฉลี่ย	4.42	0.23	มากที่สุด

ตารางที่ 4 พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนรู้ อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.42$, S.D. = 0.23) เนื่องจากนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง เน้นให้นักเรียนได้ทำงานกลุ่มมีส่วนร่วมในการอภิปราย ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทางการคิดอย่างเต็มที่แสวงหาความรู้อย่างมีเหตุผลและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษา พบว่า นวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย มีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 77.95/76.79 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 แสดงให้เห็นว่านวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์มีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน เมื่อนักเรียนเรียนด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีความพึงพอใจต่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด ซึ่งชี้ให้เห็นว่านวัตกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่อง พลังงานกล ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

อ้างอิง

- ไพฑูริย์ ศรีฟ้า. (2558). *การผลิตสื่อการเรียนการสอนยุคใหม่สู่สไตล์ AURASMA*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2564). *รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านขั้นพื้นฐาน (O-NET)*. กรุงเทพฯ: สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน).
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค Predict-Observe-Explain (POE)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- Marzano, R.J. (2001). *Designing a new taxonomy of educational objectives*. Thousand Oaks, California: Corwin Press.



Session
**มนุษยศาสตร์
และสังคมศาสตร์**

แนวทางการกำหนดองค์ประกอบชุมชนภายในโครงการที่พักอาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อยในประเทศไทยที่เหมาะสม
และตอบสนองต่อความต้องการของชุมชน : กรณีศึกษา โครงการบ้านเอื้ออาทร

มาณฑิ ศิริภิญโญกิจ¹

บทคัดย่อ

การกำหนดองค์ประกอบภายในโครงการที่พักอาศัยถือเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการสร้างโครงการที่พักอาศัยขนาดใหญ่ โดยเฉพาะโครงการที่พักอาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อยที่จะทำให้การดำรงชีวิตภายในโครงการเกิดความเหมาะสมและยั่งยืน หากมองไปยังโครงการของรัฐในหลายโครงการตั้งแต่อดีตจะพบว่าองค์ประกอบชุมชนในหลายโครงการถูกกำหนดจากมาตรฐานข้อกำหนด และมักไม่ได้ถูกใช้อย่างเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของพื้นที่ ถูกทิ้งร้าง และ หลายโครงการไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้อยู่อาศัยได้ ดังนั้นการกำหนดองค์ประกอบชุมชนที่เหมาะสมนั้นจำเป็นต้องศึกษาพฤติกรรมของผู้อยู่อาศัยในชุมชนและบริบท โดยรอบก่อนการกำหนดรูปแบบที่เหมาะสม งานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นในการค้นหาแนวทางที่เหมาะสมในการกำหนดองค์ประกอบชุมชน ในโครงการบ้านพักอาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อยโดยศึกษาจากกรณีศึกษาของโครงการต่างๆ ของรัฐใน 9 พื้นที่ เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดองค์ประกอบในโครงการที่พักอาศัยที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้อยู่อาศัยอย่างแท้จริง

คำสำคัญ: บ้านสำหรับผู้มีรายได้น้อย บ้านเอื้ออาทร การเคหะแห่งประเทศไทย องค์ประกอบภายในโครงการ

¹ รองศาสตราจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ปทุมธานี 12120

¹Associate Professor, School of Architecture, Bangkok University, Pathumthani 12120

Facilities Planning Guideline for Low-income Housing in Thailand That Meet The Need of The Community: Case Study of Eua-Arthorn Housing Project

Manop Siripinyokij¹

Abstract

Planning suitable facilities in housing project is one of a very important process in creating a good housing project especially for low-income housing which will makes a perfect sustainable community. Looking back into government housing projects from the past, there were several projects that were built according to the regulation but there were several facilities that weren't used according to its purposes, abandoned and several projects didn't match the need of the community. Therefore, planning perfect urban facilities need to study the behavior of the local and the context surround the area before planning a perfect project. This research focuses on finding the right solution to assemble a good low-income housing project, by studies from 9 government housing projects as case studies, to find a solution to assign suitable facilities within a housing project that are truly meet the need of residents.

Keywords: Affordable Housing, Low-income Housing, Eua-Arthorn Housing Project

บทนำ

รูปแบบของที่อยู่อาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อยนั้นถือเป็นรูปแบบที่อยู่อาศัยที่รัฐบาลเป็นผู้จัดสร้างเพื่อประชาชนโดยทั่วไป โดยเน้นเพื่อกลุ่มประชากรที่มีรายได้น้อย ซึ่งที่อยู่อาศัยดังกล่าวจะมีหน่วยงานด้านการเคหะฯ เป็นผู้ดูแลและจะมีรัฐบาลสนับสนุนด้านเงินช่วยเหลือ อย่างไรก็ตามปัญหาของที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้น้อยมักจะเป็นที่ถกเถียงกันนอกเหนือจากเรื่องของคุณภาพของงานก่อสร้างและขนาดพื้นที่ที่มีไม่เหมาะสมกับรูปแบบการใช้ชีวิตของครอบครัวผู้มีรายได้น้อยแล้ว ประเด็นเรื่ององค์ประกอบภายในโครงการก็เป็นอีกส่วนประกอบหนึ่งที่มีถูกละเลยและไม่ได้รับความสำคัญ

แนวทางในการสร้างโครงการที่พักอาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อยในประเทศไทยนั้นมักจะมีองค์ประกอบพื้นที่ส่วนกลางของชุมชนที่ถูกกำหนดจากขนาดของโครงการตามเกณฑ์มาตรฐานการเคหะแห่งชาติ องค์ประกอบเหล่านี้ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการดำรงชีวิตภายในโครงการต่างๆ อย่างไรก็ตามในโครงการที่พักอาศัยหลายๆ โครงการนั้นมีพื้นที่ส่วนกลางบางส่วนที่ไม่ได้ถูกใช้อย่างเหมาะสมและบางพื้นที่ถูกปรับเปลี่ยนโดยผู้อยู่อาศัยในโครงการให้เหมาะสมกับวัฒนธรรมและบริบท

งานวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจโครงการบ้านสำหรับผู้มีรายได้น้อยในโครงการบ้านเอื้ออาทร เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมการใช้พื้นที่ส่วนกลางภายในโครงการเพื่อศึกษาถึงการในพื้นที่ ความต้องการ และมองหาแนวทางในการกำหนดองค์ประกอบพื้นที่ส่วนกลางที่เหมาะสมและตอบสนองต่อความต้องการในแต่ละพื้นที่

วิธีการวิจัย

การสำรวจในโครงการบ้านสำหรับผู้มีรายได้น้อยในการวิจัยครั้งนี้ คณะวิจัยได้ลงพื้นที่สำรวจโครงการบ้านเอื้ออาทรทั้งสิ้น 9 โครงการ โดยสำรวจโครงการที่มีจำนวนหน่วยพักอาศัย 250 หน่วยขึ้นไป สำหรับอาคารแนวราบ และ 500 หน่วยขึ้นไปสำหรับอาคารชุด ที่ส่งมอบอาคารให้ผู้อยู่อาศัยแล้วไม่น้อยกว่า 2 ปีโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างเป็นระบบ (Systematic Random Sampling) จำนวน 9 โครงการ ซึ่งประกอบไปด้วยโครงการประเภทบ้านแนวราบ 6 โครงการ และบ้านแนวสูง (คอนโด 5 ชั้น) 3 โครงการ รวมไปถึงข้อมูลโครงการเป้าหมาย ผังบริเวณ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Content Analysis

โดย 9 โครงการที่คณะวิจัยได้ลงพื้นที่สำรวจประกอบไปด้วย บ้านแนวราบ 6 โครงการ : พหลโยธิน 52 รังสิตคลอง 3 รังสิตคลอง 10/1 โรจนะ หนองหาร สันป่าตอง / บ้านแนวสูง (อาคารชุด 5 ชั้น) 3 โครงการ : มินบุรี บางใหญ่ ป่าตัน

ระเบียบวิธีวิจัย

ดำเนินการวิเคราะห์จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม การสำรวจ (Survey) (Observation) การสัมภาษณ์ (Interview) และแบบสอบถาม (Questionnaire) สถิติที่ใช้ประกอบด้วย จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคอื่นๆ เช่น การวิเคราะห์เนื้อหา การศึกษากรณีเปรียบเทียบ และการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SWOT โดยรูปแบบของการศึกษาประกอบไปด้วยสังเกตุ

การวิเคราะห์ข้อมูล

องค์ประกอบภายในโครงการที่พิกอาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อยจะประกอบไปด้วยพื้นที่มาตรฐานตามข้อกำหนดการออกแบบวางผังโครงการของการเคหะแห่งชาตินั้นมีการกำหนดองค์ประกอบพื้นที่ส่วนกลางมาตรฐาน รวมทั้งรูปแบบและขนาดขององค์ประกอบเหล่านี้ตามขนาดและความหนาแน่นของโครงการ ในมาตรฐานการวางผังเคหะชุมชน (การเคหะแห่งชาติ 2526) มีข้อกำหนดเรื่องพื้นที่เชิงพาณิชย์ สำนักงานบริหารชุมชน ศูนย์ชุมชน สถานเลี้ยงเด็ก ฯลฯ เพื่อตอบสนองความจำเป็นของชุมชนอย่างชัดเจน แต่ในโครงการบ้านเอื้ออาทรที่คณะวิจัยทำการลงพื้นที่สำรวจนั้นมีบางโครงการที่องค์ประกอบเหล่านี้ไม่ได้ถูกใช้อย่างเต็มประสิทธิภาพและมีที่ใช้ผิดจากวัตถุประสงค์ หากมองในแง่ทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อมแล้ว องค์ประกอบพื้นที่ส่วนกลางเหล่านี้เป็นการกระทำระหว่างกันทางสังคม (Interactive Environment) ทำให้เกิดสภาพแวดล้อมด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน พื้นที่ที่ไม่ประสบความสำเร็จไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้อยู่อาศัยในชุมชนได้

จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลและสัมภาษณ์ผู้นำชุมชนและผู้อยู่อาศัยในโครงการทั้ง 9 พบปัญหาในหลายๆ องค์ประกอบในพื้นที่ส่วนกลาง ซึ่งประเด็นปัญหาหลักคือเรื่องการจัดการและการบริหารดูแลพื้นที่ส่วนกลาง โดยปัญหาพื้นที่ส่วนกลางที่คณะทำงานเก็บข้อมูลจากการสังเกตและสัมภาษณ์นั้นมาจากพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของผู้อยู่อาศัยในชุมชนและการวางผังโครงการที่มีการจัดวางในรูปแบบและองค์ประกอบมาตรฐานที่เป็นแบบแผนเดียวกันเกือบทุกโครงการ

ในส่วนของความร่วมมือของผู้อยู่อาศัยในชุมชนจะพบว่าโครงการแนวสูง (คอนโด) จะมีส่วนร่วมกับชุมชนน้อยกว่า จากแบบสอบถามจะพบว่าไม่ทราบข้อมูลของกิจกรรมหรือรู้จักผู้นำชุมชน ในส่วนของกรรับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับการบริหารพื้นที่ในชุมชนนั้นกลุ่มประชากรเกินกว่าครึ่งของพื้นที่ศึกษาไม่ทราบว่าหน่วยงานใดเป็นผู้สนับสนุนหรือส่งเสริมกิจกรรมภายในชุมชน โดยความพึงพอใจด้านที่จอตลอดจะเป็นปัญหาที่มีมากที่สุดโดยเฉพาะในโครงการแนวสูงที่มีความหนาแน่นของประชากรมาก

ศูนย์ชุมชน มีการดูแลโดยผู้นำชุมชนซึ่งการเคหะฯ จะเป็นผู้ดูแลและบำรุงรักษา ในบางโครงการได้มอบให้เทศบาลท้องถิ่นเข้ามาดูแล อย่างไรก็ตามก็จะมีข้อติดขัดในการดำเนินการคือด้านข้อกำหนดและวัตถุประสงค์ของการใช้อาคารที่มีการระบุชัดเจน ซึ่งไม่สอดคล้องกับการสนับสนุนของหน่วยงานท้องถิ่นและไม่สามารถปรับเปลี่ยนตามความต้องการของคนในชุมชน

ลานค้าและตลาด มักกำหนดไว้บริเวณด้านหน้าของชุมชนซึ่งเป็นที่ว่าง อย่างไรก็ตามก็ไม่ได้มีการเตรียมระบบสาธารณูปโภคให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ เช่น ระบบระบายน้ำ ไฟฟ้าส่องสว่าง และ น้ำประปา และจากการสำรวจพบว่า 5 จาก 9 โครงการไม่ได้มีการใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ ซึ่ง 5 โครงการดังกล่าวเป็นโครงการแนวราบ ซึ่งได้มีการปรับเปลี่ยนให้เป็น ลานกีฬา หรือที่จอดรถตามความต้องการของผู้อยู่ในโครงการ ในโครงการแนวราบมีการปรับเปลี่ยนบ้านพักอาศัยภายในโครงการให้กลายเป็นร้านค้า

สนามเด็กเล่นและพื้นที่นันทนาการ มีการจัดการพื้นที่นันทนาการในทุกโครงการ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เป็นพื้นที่ทำกิจกรรมการออกกำลังกายแต่จะมีความแตกต่างกันในรายละเอียด เช่น วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องเล่น สนามเด็กเล่นในหลายโครงการตั้งไว้ใกล้กับถนนหลักที่มีรถวิ่งผ่าน ในขณะที่สวนหย่อมและสวนสาธารณะมักถูกปล่อยรกร้างเนื่องจากขาดการบำรุงรักษาและการขาดการบริหารโครงการที่ดี

ศูนย์เด็กเล็ก จากการสำรวจพบว่ามีการตั้งศูนย์เด็กเล็กอยู่ 3 แห่ง ซึ่งอยู่ในโครงการแนวสูงที่มีความหนาแน่นของประชากร โดยการดำเนินการของศูนย์จะจัดการโดยเทศบาลท้องถิ่นและบางแห่งเป็นการจัดการภายในของสหกรณ์ภายในชุมชน

ประเด็นปัญหาขององค์ประกอบพื้นที่ส่วนกลาง

ปัญหาด้านการจัดการและการดูแลรักษา พื้นที่ส่วนกลางที่มีการใช้งานในหลายๆ ในบางโครงการอยู่ในสภาพที่ทรุดโทรมและรกร้างเนื่องจากขาดการดูแลในหลายๆ ส่วน โดยเฉพาะพื้นที่ในโครงการแนวราบ เนื่องจากการจัดตั้งนิติบุคคลในบางโครงการไม่สามารถจัดตั้งได้หลังจากที่ผ่านการส่งมอบโครงการจากการเคหะแห่งชาติแล้ว โดยผู้อยู่อาศัยในโครงการแนวราบไม่เห็นความจำเป็นในการจัดตั้งนิติบุคคล และไม่ต้องการเสียค่าใช้จ่ายส่วนกลางเพิ่ม

ปัญหาเรื่องการใช้งานไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ ลานค้าในโครงการแนวราบไม่ได้ใช้ตามวัตถุประสงค์และถูกปรับเปลี่ยนเป็นพื้นที่จอดรถและลานกีฬา ลานค้าทั้งหมดไม่ได้มีการเตรียมสาธารณูปโภคสำหรับทำลานค้า ซึ่งหากมองที่บริบทโดยรอบโครงการจะพบว่าบางโครงการมีพื้นที่ตลาดอยู่ในบริเวณใกล้เคียงอยู่แล้วทำให้ไม่มีความจำเป็นสำหรับลานค้าในโครงการ รวมไปถึงระดับความหนาแน่นทำให้ผู้อยู่อาศัยของโครงการแนวราบนิยมปรับเปลี่ยนพื้นที่ของบ้านพักบางส่วนให้กลายเป็นร้านค้าซึ่งสะดวกต่อการค้าขายมากกว่าไปตั้งร้านที่ลานค้าที่ไม่มีความพร้อม

ปัญหาการรุกล้ำพื้นที่ส่วนกลาง พื้นที่ทางเท้าภายในชุมชนมักถูกนำบุกรุกโดยผู้อยู่อาศัยในชุมชน ในส่วนของโครงการแนวราบมักถูกผู้อยู่อาศัยในบ้านยึดพื้นที่ทางเท้าหน้าบ้านและใช้ขายสินค้าโดยตั้งแผงลอย ในโครงการที่มีความหนาแน่นสูงมีการรุกล้ำทางเท้าเป็นที่ตั้งวินมอเตอร์ไซค์รับจ้าง ใช้จอดรถจักรยานยนต์ และใช้เพื่อการสัญจรอื่นๆ

ปัญหาการจราจรและการจอดรถ นับเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในทุกโครงการ โดยเฉพาะโครงการที่มีความหนาแน่นสูงเนื่องจากโครงการไม่ได้มีการเตรียมพื้นที่จอดรถที่เหมาะสมกับจำนวนผู้พักอาศัยซึ่งจะมีปัญหาในช่วงเลิกงานที่ในบางโครงการไม่สามารถเข้าออกได้เนื่องจากมีรถจอดเต็มพื้นที่ ในขณะที่โครงการแนวราบไม่ได้มีการเตรียมพื้นที่จอดรถภายในบ้านพักอาศัยทำให้มีการจอดรถบริเวณหน้าที่พักอาศัยและมักก่อปัญหาให้กับผู้อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงรวมถึงมีคนในพื้นที่ข้างเคียงนำรถจากภายนอกเข้ามาจอดภายในโครงการด้วย

สาเหตุของความล้มเหลวในการใช้พื้นที่

ปัญหาของโครงการที่พักอาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อยมักประสบปัญหาในองค์ประกอบพื้นที่ส่วนกลางเนื่องจากขาดงบประมาณ ขาดการดูแลรักษา ขาดการมีส่วนร่วมของชุมชน และการเข้าถึงได้ไม่สะดวก ซึ่งปัญหาเหล่านี้มักเกิดขึ้นจาก (1) การกำหนดองค์ประกอบที่ไม่ตอบสนองความต้องการของผู้อยู่อาศัย (2) พื้นที่เหล่านี้มักไม่ได้รับการรักษาให้อยู่ในสภาพที่ดี (3) การออกแบบไม่ได้คำนึงถึงบริบทโดยรอบชุมชน วัฒนธรรมและวิถีชีวิตของคนในชุมชน และ (4) การจัดวางผังโครงการไม่เอื้อต่อการมีส่วนร่วมของผู้อยู่ในชุมชน

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าผู้อยู่อาศัยในโครงการขาดความรู้สึกการเป็นส่วนร่วมในชุมชน (Sense of community) โดยจะพบว่าโครงการแนวสูง (คอนโด) จะมีส่วนร่วมด้วยชุมชนน้อยกว่า จากแบบสอบถามจะพบว่าไม่ทราบข้อมูลของกิจกรรมหรือรู้จักผู้นำชุมชน ในส่วนของการรับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับการบริหารพื้นที่ในชุมชนนั้นกลุ่มประชากรเกินกว่าครึ่งของพื้นที่ศึกษาไม่ทราบว่าหน่วยงานใดเป็นผู้สนับสนุนหรือส่งเสริมกิจกรรมภายในชุมชน โดยจากการสัมภาษณ์พบว่าผู้อยู่อาศัยบางส่วนที่ไม่ได้เป็นเจ้าของบ้าน (เช่าอยู่) จึงไม่รู้สึกถึงการเป็นส่วนหนึ่งของชุมชนและบางครั้งไม่ต้องการจ่ายค่าบริการส่วนกลางของโครงการ การแก้ปัญหาในระยะสั้นและระยะยาวจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงผู้อยู่อาศัยในโครงการเป็นสำคัญ โดยต้องใช้กระบวนการการออกแบบอย่างมีส่วนร่วม (Participatory Design) ในการช่วยสร้างชุมชนสำหรับทุกคน

แนวทางในการแก้ปัญหาระยะสั้น

ปัญหาพื้นที่ที่ทิ้งร้างหรือไม่ตรงวัตถุประสงค์ สำหรับโครงการที่มีการอยู่อาศัยไปแล้ว โดยการปรับองค์ประกอบส่วนกลางบางส่วนที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ให้เหมาะสมกับพฤติกรรม สภาพแวดล้อม บริบทโดยรอบ และวัฒนธรรมท้องถิ่นของชุมชนนั้นๆ เช่น มีการจัดประชุมหาประชาคมภายในโครงการเพื่อสร้างการมีส่วนร่วมของคนในชุมชน โดยมีเป้าหมายเพื่อจัดพื้นที่ส่วนกลางที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ตรงตามวัตถุประสงค์ เช่น ศูนย์ชุมชนในโครงการแนวราบที่ไม่ได้ถูกใช้ประโยชน์อาจปรับให้สามารถใช้เป็นพื้นที่สันทนาการหรือสำหรับกิจกรรมชุมชน เช่น สโมสรของชุมชน เป็นต้น ลานค้าในโครงการแนวราบที่ถูกปล่อยทิ้งร้างอาจให้เป็นพื้นที่สำหรับกิจกรรมอื่น เช่น ลานกีฬา เป็นต้น ซึ่งในข้อกำหนดการออกแบบวางผังโครงการของการเคหะแห่งชาติระบุเพียงขนาดขององค์ประกอบในพื้นที่ส่วนกลางเท่านั้น

การวางองค์ประกอบพื้นที่ส่วนกลางนั้นควรมีการจัดการพื้นที่ส่วนกลางต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นพื้นที่ที่ทุกคนในชุมชนสามารถใช้ประโยชน์และเข้าถึงได้ง่าย ไม่ไกลจากพื้นที่ต่างๆ ของโครงการ ซึ่งในหลายโครงการก็ได้จัดไว้ที่ศูนย์กลางของชุมชน เช่น ศูนย์ชุมชนมักจัดไว้ที่บริเวณด้านหน้าโครงการเพื่อใช้เป็นสำนักงานของหน่วยงานบริหาร

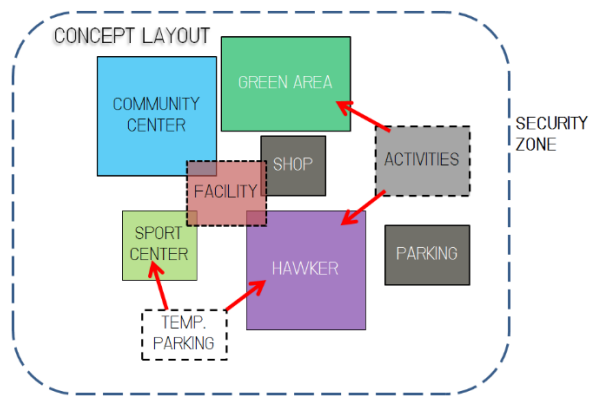
ปัญหาการจราจรและถนน ในโครงการที่มีการจอดรถหนาแน่นให้สามารถเดินทางในรูปแบบทางเดียว กำหนดวันคู่/คี่ในการจอดรถในขอย่อย และปรับพื้นที่บางส่วนให้สามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย (Multi-function) เช่นพื้นที่ลานค้าและลานกีฬาที่เป็นพื้นที่โล่งควรพิจารณาให้นำมาใช้เป็นพื้นที่จอดรถในช่วงค่ำเพื่อช่วยแก้ปัญหาการจราจรและที่จอดรถ

แนวทางการแก้ปัญหาระยะยาว

การวางผังที่ตอบสนองต่อความต้องการ ในโครงการที่มีการลงพื้นที่สำรวจพบว่ามักมีการวางศูนย์ชุมชนและลานค้าไว้บริเวณด้านหน้าโครงการ 7 จาก 9 โครงการ ซึ่งทำให้ห่างไกลจากผู้อยู่อาศัยด้านในของโครงการ ส่วนหนึ่งเพราะศูนย์ชุมชนถูกกำหนดไว้ให้เป็นสำนักงานของผู้บริหารชุมชนและกรรมการชุมชนและมีเพียง 3 จาก 9 โครงการที่มีการใช้งานศูนย์ชุมชนเพื่อกิจกรรมอื่นๆ ของผู้อยู่อาศัย (ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก สหกรณ์ ฟิตเนส ฯลฯ) นอกเหนือจากการทำเป็นสำนักงาน แม้สภาพของศูนย์ชุมชนจะไม่ได้ออกแบบมาเพื่อให้มีสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นศูนย์พัฒนาเด็กเล็กก็ตาม

องค์ประกอบพื้นที่ส่วนกลางที่ตามแนวคิดการวางองค์ประกอบทั้งจากของการเคหะแห่งชาติและของแนวคิดเรื่องย่านชุมชน (Neighborhood) ที่กำหนดให้แต่ละย่านมีสิ่งอำนวยความสะดวกที่สามารถเดินถึงได้ ซึ่งเพื่อให้ผู้อยู่อาศัยในชุมชนได้ใช้พื้นที่ส่วนกลางได้อย่างเต็มประสิทธิภาพควรมีการกำหนดให้พื้นที่เหล่านี้สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้งานได้หลากหลายและวางให้อยู่ใกล้กันในบริเวณศูนย์กลางของชุมชน

แนวคิดการใช้พื้นที่ร่วมกันเพื่อสร้างพื้นที่แบบศูนย์กลางชุมชน (Community Center) ที่ผู้อยู่อาศัยจะมาใช้พื้นที่ร่วมกัน โดยพื้นที่ต่างๆ สามารถใช้สาธารณูปโภคร่วมกันได้ เช่น ศูนย์ชุมชนซึ่งตามผังจะมีร้านค้าอยู่ภายในก็จะมีหน้าที่มากกว่าเป็นสำนักงานของกรรมการชุมชน อาจมีร้านขายสินค้า ร้านอาหาร และมีห้องน้ำ ซึ่งพื้นที่ลานค้าสามารถเข้าไปใช้ประโยชน์และใช้ระบบร่วมกันได้ ลานกีฬา สนามเด็กเล่น หรือสวนสาธารณะ ที่เชื่อมต่อกันกับศูนย์กลางชุมชนก็สามารถรองรับกิจกรรมต่างๆ ร่วมกันได้ และในช่วงเทศกาลอาจใช้เป็นกิจกรรมของชุมชน โดยพื้นที่เหล่านี้สามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานได้ตามสถานการณ์และให้เป็น

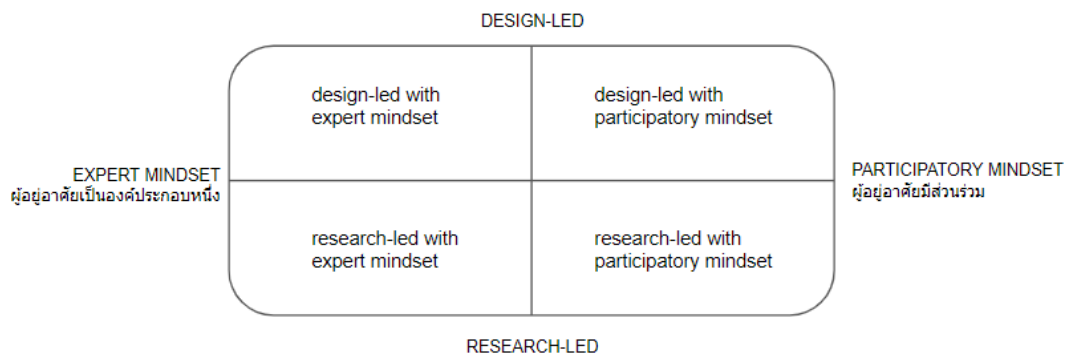


ภาพที่ 1 ภาพแสดงแนวคิดเรื่องการจัดองค์ประกอบแบบศูนย์กลางชุมชน (Community Center)

แนวคิดในการจัดผังองค์ประกอบชุมชนสำหรับโครงการแนวราบ / แนวสูง

1. ศึกษาสภาพแวดล้อม และบริบทโดยรอบของโครงการ เพื่อกำหนดองค์ประกอบชุมชน
2. มีการจัดกลุ่มองค์ประกอบชุมชนในพื้นที่ส่วนกลางแบบศูนย์กลางชุมชน (COMMUNITY CENTER) เพื่อสามารถใช้สาธารณูปโภค (FACILITIES) ร่วมกันได้ และสามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานได้แบบหลากหลาย (MULTI-FUNCTION) เพื่อให้สามารถรองรับกิจกรรมในวาระต่างๆ ได้
3. ควรจัดศูนย์กลางชุมชนให้อยู่ในบริเวณที่ทุกพื้นที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย โดยมีการกระจายลานออกกำลังกายและสันทนาการ (Recreation Area) ให้กระจายอยู่ใกล้กับหน่วยพักอาศัย
4. ควรจัดวางแนวถนนให้มีลักษณะแบบเส้นทางเดินรถแบบวนได้ (Loop) ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดปัญหาในการจอดรถในกรณีที่มีปัญหาเรื่องการกำหนดพื้นที่จอดรถภายในบ้านในกรณีโครงการแนวราบ และกำหนดพื้นที่จอดรถให้เพียงพอต่อปริมาณผู้อยู่อาศัยในกรณีของโครงการแนวสูง

การออกแบบอย่างมีส่วนร่วม อย่างไรก็ตามก็ตინอกเหนือจากการทำการศึกษาและสำรวจบริบทชุมชนของสถานที่ตั้งแล้ว การออกแบบโครงการให้ประสบความสำเร็จควรจะคำนึงถึงความต้องการที่แท้จริงของผู้อยู่อาศัย ดังนั้น การร่วมกันออกแบบโดยผู้อยู่อาศัยในชุมชน (Community Oriented Design) หรือ การออกแบบอย่างมีส่วนร่วม (Participatory Design) จึงควรใช้เป็นกระบวนการทำงานควบคู่กันไปกับการวิเคราะห์บริบทของชุมชนและวัฒนธรรมต่างๆ รอบด้าน ในแง่การทำงานของหน่วยงานนั้น เป็นเรื่องยากและจำเป็นต้องทุ่มเททั้งผู้ออกแบบและผู้ที่จะมาเป็นผู้อยู่อาศัย ซึ่งในโครงการบ้านพักอาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อยนั้นดูเป็นไปได้ยากโดยเฉพาะการเป็นหน่วยงานที่ต้องสร้างที่พักอาศัยที่ตอบสนองต่อนโยบายของภาครัฐ



ภาพที่ 2 แนวคิดในการออกแบบอย่างมีส่วนร่วมภายใต้การวิจัยและการออกแบบ (Sanders L. (2008))

เอกสารอ้างอิง

การเคหะแห่งชาติ กระทรวงพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์. (2546). *โครงการบ้านเอื้ออาทร ระยะ 1 – 3 (ปี 2546 - 2547)*. กรุงเทพฯ : การเคหะแห่งชาติ.

บรรณโคภิชฐ์ เมฆวิชัย และคณะ. (2548). *มาตรฐานที่อยู่อาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อย*. กรุงเทพฯ : การเคหะแห่งชาติ.

Goodman J. and others (2001) *Housing Affordability in the United States: Trends, Interpretations and Outlooks* <http://govinfo.library.unt.edu/mhc/papers/goodman.pdf>

Sanders L. (2008) *An Evolving Map of Design Practice and Design Research* <https://www.dubberly.com/articles/an-evolving-map-of-design-practice-and-design-research.html>

Technical housing standards (2006) *Housing Space Standards* <https://www.london.gov.uk/sites/default/files/archives/loads-space-standards.pdf>

Yeh, Stephen H.K. (1975) *Public Housing in Singapore: A Multi-Disciplinary Study*, Singapore: Singapore University Press

คุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานบริษัทเอกชน

เขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

อรุณกมล สัตย์รัมย์^{1*} เจษณี บุตรดำ²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานบริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 8 ด้าน ได้แก่ ด้านค่าตอบแทนที่เป็นธรรมและเพียงพอ ด้านสิ่งแวดล้อมที่ถูกลักษณะและปลอดภัย ด้านเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานได้พัฒนาความรู้ความสามารถ ด้านความก้าวหน้าและความมั่นคง ด้านสัมพันธภาพระหว่างบุคคล ด้านกฎหมายและกระบวนการยุติธรรม ด้านความสมดุลระหว่างชีวิตส่วนตัวกับการทำงาน และด้านสัมพันธ์ทางสังคม โดยจำแนกตาม เพศ อายุ ระดับการศึกษา อายุการทำงาน และตำแหน่งงาน การเก็บข้อมูลจากพนักงานบริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 400 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบโดยใช้สถิติ (t test) และสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีของ LSD

ผลการศึกษาพบว่า

- 1) พนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีคุณภาพชีวิตในการทำงานโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก
- 2) ผลการเปรียบเทียบคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานบริษัทเอกชน เขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ที่มีเพศแตกต่างกันมีคุณภาพชีวิตในการทำงานโดยภาพรวมและรายด้านทุกด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่งงาน และอายุการทำงาน แตกต่างกันมีคุณภาพชีวิตในการทำงาน ด้านค่าตอบแทนที่เป็นธรรมและเพียงพอ ด้านสิ่งแวดล้อมที่ถูกลักษณะและปลอดภัย ด้านเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานได้พัฒนาความรู้ความสามารถ ด้านความก้าวหน้าและความมั่นคง ด้านสัมพันธภาพระหว่างบุคคล ด้านกฎหมายและกระบวนการยุติธรรม ด้านความสมดุลระหว่างชีวิตส่วนตัวกับการทำงาน และด้านสัมพันธ์ทางสังคม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ : คุณภาพชีวิตในการทำงาน, พนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง

^{1*} นักศึกษาปริญญาโท, หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต คณะพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 10240

² ดร., คณะพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 10240

¹ Graduate Student., Master of Arts Program in Human Resource Development Ramkhamhaeng University, 10240 Thailand

² Dr., Faculty of Human Resource Development Ramkhamhaeng University 10240 Thailand

*Corresponding author: Tel: 064-680-1731 E-mail address: 6312480004@rumail.ru.ac.th

Quality of work life of employees in private companies

Latkrabang Industrial Estate Bangkok

Arunkamol Satram^{1*} Chetsanee Butdam²

Abstract

The purpose of this research was to study investigate and to compare the Quality of work life of employees in private companies Latkrabang Industrial Estate Bangkok. The study consists of fair and adequate compensation, environment that is characteristic and safe, opportunities for employees to develop their knowledge and abilities, advancement and security, interpersonal relations, legal and judicial processes, balance between personal life and work, social relations aspects classified by gender, age, education level, job position and working years. Questionnaires were the tool to collect data from employees of private companies in Lat Krabang Industrial Estate Bangkok. The researcher used a sample group of 400 people. The data analyzed by percentage, mean, standard deviation, t-test and one-way ANOVA with LSD method.

The research result showed that

- 1) The overall employees of private companies in LatKrabang Industrial Estate Bangkok have quality of life at work, from overall and aspects were at high level.
- 2) The comparative results of quality of work life among employees of private companies LatKrabang Industrial Estate Bangkok There were no significant differences in quality of work life overall and in all aspects at the 0.05 level. Employees of private companies with age, education level, job position and working years have quality of life at work fair and adequate compensation, environment that is characteristic and safe, opportunities for employees to develop their knowledge and abilities, advancement and security, interpersonal relations, legal and judicial processes, balance between personal life and work, social relations There statistically significant difference at the 0.05 level.

Keyword: Quality of work life, employees in private companies

บทนำ

องค์กรในปัจจุบันทั้งภาครัฐ และภาคเอกชน ได้ให้ความสำคัญกับทรัพยากรมนุษย์มากขึ้น เนื่องจากทรัพยากรมนุษย์ถือเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญอย่างยิ่งต่อองค์กร โดยมนุษย์มีความรู้ความสามารถมีความรับผิดชอบ มีคุณธรรม จริยธรรม มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี และสามารถพัฒนาตนเองได้อยู่ตลอดเวลา ซึ่งเป็นกลไกในการขับเคลื่อนองค์กรให้เป็นไปตามเป้าหมายที่คาดหวังไว้คุณภาพชีวิตในการทำงานมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของบุคลากร พัฒนากำลังคนที่ชัดเจนในสาขาต่าง ๆ เพื่อการผลิตกำลังคนที่ตรงกับความต้องการของตลาดที่มีคุณภาพและมาตรฐานเพื่อสร้างกำลังคนให้มีสมรรถนะตอบสนองต่อความต้องการของตลาดงานและการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศรองรับพลวัตของโลก ดังที่กล่าวมานุษยจึงเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญมากที่สุดในการบริหารจัดการองค์กร องค์กรที่จะประสบความสำเร็จได้นั้นขึ้นอยู่กับบุคลากรที่มีคุณภาพ ดังนั้นองค์กรมีความจำเป็นที่จะต้องสร้างคุณภาพชีวิตการทำงานที่ดีให้กับบุคลากรของตน เนื่องจากความพึงพอใจในคุณภาพชีวิตการทำงาน จะส่งผลต่อการปฏิบัติงานของบุคลากร และเป็นสิ่งจูงใจให้บุคลากรทำงานด้วยความมุ่งมั่นตั้งใจ และทุ่มเท อันจะนำไปสู่ประสิทธิภาพและประสิทธิผลขององค์กรในที่สุด

คุณภาพชีวิตการทำงานของพนักงานบริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังจะเป็นการเพิ่มพูนความพึงพอใจต่อองค์กร เกิดวัฒนธรรมองค์กร เกิดขวัญกำลังใจ เกิดผลดีในทางจิตวิทยาและสร้างสภาพแวดล้อมในการทำงานภายในองค์กร (Hackman & Sutte, 1998, p.6) อีกทั้งยังส่งเสริมในเรื่องของสุขภาพกายและสุขภาพจิต ช่วยให้เจริญก้าวหน้ามีการพัฒนาตนเองให้เป็นบุคคลที่มีคุณภาพ ช่วยลดปัญหาการขาดงาน การลาออก และส่งเสริมให้ได้ผลผลิตและบริการที่ดีที่สุด คุณภาพและปริมาณ (Hodgetts, 1993, p.175) คุณภาพชีวิตการทำงานเป็นความต้องการของปัจเจกบุคคล ต่อสิ่งที่ปรารถนาเมื่อก้าวเข้าสู่การเป็นสมาชิกขององค์กรนั้น ๆ คุณภาพชีวิตการทำงานขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายปัจจัย เช่น สภาพของงาน ผลการตอบแทนขวัญกำลังใจ สภาพแวดล้อมภายนอกองค์กร และสภาพแวดล้อมภายในองค์กร เป็นต้น ดังนั้นคุณภาพชีวิตการทำงานของสมาชิกในองค์กร จึงมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับองค์กร การมีคุณภาพชีวิตการทำงานที่ดีของประเทศชาติการศึกษาคุณภาพชีวิตการทำงาน (Quality of working life) เป็นองค์ประกอบหรือมิติหนึ่งที่สำคัญ ของคุณภาพชีวิต เป็นการสร้างสรรค์บรรยากาศที่จะทำให้ผู้ใช้แรงงานได้รับความพึงพอใจในการทำงานสูงขึ้น โดยผ่านการมีส่วนร่วมในกระบวนการตัดสินใจและแก้ไขปัญหาสำคัญขององค์กร ดังนั้น การปรับปรุงคุณภาพชีวิตในการทำงานจึงเป็นวิธีการหนึ่งในการพัฒนาองค์กร บุคคลที่มีคุณภาพเป็นทรัพยากรที่สำคัญยิ่งขององค์กร เพราะคุณภาพของคนย่อมเป็นสิ่งบ่งชี้โอกาสในการเจริญเติบโตขององค์กรนั่นเอง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง โดยจะทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของพนักงานเอกชนในเขตลาดกระบัง เพื่อประกอบการหาแนวทางในการปรับปรุง แก้ไข และเพื่อนำไปพัฒนาคุณภาพชีวิตของบุคลากรให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น มีความสุขในการปฏิบัติงาน และมีความภาคภูมิใจในการปฏิบัติงานในบริษัท เมื่อบุคลากรในองค์กรรู้สึกว่ามีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ก็จะปฏิบัติงานอย่างมีความสุข เพื่อจะได้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมและพัฒนาการบริหารงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานบริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานบริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร จำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อายุการทำงาน และตำแหน่งงาน

ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้ศึกษาได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ พนักงานบริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง
2. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ พนักงานบริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง โดยวิธีการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดย การใช้สูตรของ Yamane (1973) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน
3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย
 - 3.1. ตัวแปรต้น คือ ได้แก่พนักงานบริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง โดยแบ่งออกเป็น
 - 3.1.1. ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อายุการทำงานและตำแหน่งงาน
 - 3.2. ตัวแปรตาม คือ คุณภาพชีวิตในการทำงานซึ่งแบ่งออกเป็น 8 ด้าน คือ
 - 3.2.1. ด้านค่าตอบแทนเป็นธรรมและเพียงพอ
 - 3.2.2. ด้านสิ่งแวดล้อมที่ถูกลักษณะและความปลอดภัย
 - 3.2.3. ด้านเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานได้พัฒนาความรู้ความสามารถ
 - 3.2.4. ด้านความก้าวหน้าและความมั่นคง
 - 3.2.5. ด้านความสมดุลระหว่างชีวิตกับการทำงาน
 - 3.2.6. ด้านสัมพันธ์ภาพระหว่างบุคคล
 - 3.2.7. ด้านกฎหมายหรือกระบวนการยุติธรรม
 - 3.2.8. ด้านสัมพันธ์ทางสังคม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงคุณภาพชีวิตการทำงานของพนักงานเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
2. เป็นแนวทางสำหรับบริษัทเอกชนนำไปวางแผนพัฒนาบุคคลกร รวมถึงการจัดสรรสวัสดิการเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี และเกิดความพึงพอใจต่อพนักงานในนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

วิธีดำเนินการ

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือพนักงานบริษัทเอกชน เขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานครการสร้างเครื่องมือในการวิจัยเป็นแบบสอบถามที่สร้างขึ้นตามกรอบวัตถุประสงค์ แบ่งเป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคลของ พนักงานบริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง มีลักษณะเป็นคำถามแบบ เลือกตอบ (Checklist) ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อายุการทำงาน และ ตำแหน่งงาน ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นของพนักงานบริษัทเอกชน เขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร ที่เกี่ยวกับทัศนคติคุณภาพชีวิตในการทำงาน โดยทัศนคติคุณภาพชีวิต แบ่งออกเป็น 8 ด้าน โดยลักษณะข้อคำถามเป็นแบบปลายเปิด ชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ ตอนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของพนักงานบริษัทเอกชน เขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร เป็นคำถามปลายเปิด (open ended questions) การเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการแจกแบบสอบถามให้กับกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบสอบถามทั้งสิ้น 400 ฉบับ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อหาค่าสถิติพื้นฐานได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การทดสอบด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) และเมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะทำการเปรียบเทียบแบบรายคู่โดยใช้วิธีของ LSD (least significant difference)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยระดับคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีประเด็นที่ควรนำมาอภิปรายผล ได้ดังต่อไปนี้

1. พนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีระดับคุณภาพชีวิตการทำงาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่าทุกด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก โดยเรียงลำดับ ได้แก่ ด้านสัมพันธภาพระหว่างบุคคล ด้านความสมดุลระหว่างชีวิตส่วนตัวกับการทำงาน ด้านกฎหมายและการบวนการยุติธรรม ด้านเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานได้พัฒนาความรู้ความสามารถ ด้านสิ่งแวดล้อมที่ถูกลักษณะและปลอดภัย ด้านความก้าวหน้าและความมั่นคง ด้านค่าตอบแทนที่เป็นธรรมและเพียงพอ ด้านสัมพันธภาพทางสังคม เมื่อพิจารณารายด้านเป็นรายข้อ ปรากฏผลดังนี้

1.1. ด้านค่าตอบแทนที่เป็นธรรมและเพียงพอ พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีระดับคุณภาพชีวิตในการทำงาน ด้านค่าตอบแทนที่เป็นธรรมและเพียงพอ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังกรุงเทพมหานคร มีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพชีวิตในการทำงานด้านค่าตอบแทนที่เป็นธรรมและเพียงพอ อยู่ในระดับมากทุกข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรกได้แก่ ค่าตอบแทนต่าง ๆ ที่ได้รับทำให้ตั้งใจปฏิบัติหน้าที่มากยิ่งขึ้น ได้รับเงินเดือนที่เหมาะสมกับตำแหน่งหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ค่าตอบแทนการปฏิบัติงานล่วงเวลาที่ท่านได้รับมีความเหมาะสม

1.2. ด้านสิ่งแวดล้อมที่ถูกลักษณะและปลอดภัย พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีระดับคุณภาพชีวิตในการทำงาน ด้านสิ่งแวดล้อมที่ถูกลักษณะและปลอดภัย โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพชีวิตในการทำงานด้านสิ่งแวดล้อมที่ถูกลักษณะและปลอดภัย โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรกได้แก่ สถานที่ทำงานมีการจัดวางวัสดุอุปกรณ์ของใช้อย่างเป็นระบบ สถานที่ทำงานมีความสะอาด ปลอดภัยโปร่งมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก ไม่ร้อนอบอ้าว สถานที่ทำงานของท่านมีอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้เหมาะสมในการทำงาน

1.3. ด้านเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานได้พัฒนาความรู้ความสามารถ พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีระดับคุณภาพชีวิตในการทำงานด้านเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานได้พัฒนาความรู้ความสามารถ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าพนักงาน บริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพชีวิตในการทำงานด้านเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานได้พัฒนาความรู้ความสามารถ อยู่ในระดับมาก โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรกได้แก่ ได้มีโอกาสเสนอผลงาน เสนอความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ต่อหน่วยงาน มีโอกาสได้รับมอบหมายงานที่มีขอบข่ายความความรับผิดชอบมากขึ้น ได้ใช้ทักษะและความสามารถต่าง ๆ ในการปฏิบัติงานตามที่คาดหวังไว้

1.4. ด้านความก้าวหน้าและความมั่นคง พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีระดับคุณภาพชีวิตในการทำงาน ด้านความก้าวหน้าและความมั่นคง โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าพนักงาน บริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังกรุงเทพมหานคร มีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพชีวิตในการทำงานด้านความก้าวหน้าและความมั่นคง อยู่ในระดับมากทุกข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรกได้แก่ งานที่ท่านอยู่มีความมั่นคงและเป็นหลักประกันให้แก่ครอบครัว ได้ปฏิบัติงานในตำแหน่งที่เหมาะสมกับความสามารถของท่าน องค์กรมีการประเมินผลเพื่อเลื่อนตำแหน่งงานอย่างเป็นธรรม

1.5. ด้านสัมพันธภาพระหว่างบุคคล พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีระดับคุณภาพชีวิตในการทำงาน ด้านสัมพันธภาพระหว่างบุคคล โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังกรุงเทพมหานคร มีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพชีวิต

ในการทำงานด้านสัมพันธ์ภาพระหว่างบุคคล โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรกได้แก่ ทีมงานมีส่วนช่วยให้การทำงานประสบความสำเร็จ ได้รับการยอมรับจากเพื่อนร่วมงานในหน่วยงาน หัวหน้าและเพื่อนร่วมงานให้ความเป็นมิตรและเป็นกันเอง

1.6. ด้านกฎหมายหรือกระบวนการยุติธรรม พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีระดับคุณภาพชีวิตในการทำงาน ด้านกฎหมายหรือกระบวนการยุติธรรม โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพชีวิตในการทำงานด้านกฎหมายหรือกระบวนการยุติธรรม อยู่ในระดับมากทุกข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรกได้แก่ ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างถูกต้องตามระบบงานที่ได้รับมอบหมาย องค์กรมีกฎระเบียบที่พนักงานทุกคนต้องปฏิบัติ ผู้บริหารระดับสูงมีการกำหนดข้อบังคับหรือหลักปฏิบัติเกี่ยวกับการทำงานซึ่งเป็นไปตามกฎหมายกำหนด

1.7. ด้านความสมดุลระหว่างชีวิตส่วนตัวกับการทำงาน พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีระดับคุณภาพชีวิตในการทำงาน ด้านความสมดุลระหว่างชีวิตส่วนตัวกับการทำงาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพชีวิตในการทำงานด้านความสมดุลระหว่างชีวิตส่วนตัวกับการทำงาน อยู่ในระดับมากทุกข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรกได้แก่ องค์กรให้อิสระในเรื่องความเป็นส่วนตัว มีความสุขในการปฏิบัติงานภายในหน่วยงาน สามารถแบ่งเวลาให้กับครอบครัวอย่างเหมาะสม

1.8. ด้านสัมพันธ์ทางสังคม พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีระดับคุณภาพชีวิตในการทำงาน ด้านสัมพันธ์ทางสังคม โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพชีวิตในการทำงานด้านสัมพันธ์ทางสังคม อยู่ในระดับมากทุกข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรกได้แก่ องค์กรมีการกำจัดของเสียอย่างเป็นระบบ เป็นส่วนหนึ่งขององค์กรที่สร้างความสำเร็จให้กับองค์กร และสังคม องค์กรดำเนินกิจการภายใต้การมีความรับผิดชอบต่อสังคม และสิ่งแวดล้อม

2. ผลการเปรียบเทียบคุณภาพชีวิตพนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อายุการทำงาน และตำแหน่งงาน สรุปผลแต่ละด้านต่างกันพบว่า

2.1. พนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ที่มีเพศต่างกันมีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพชีวิตในการทำงานโดยภาพรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ทั้ง 8 ด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.2. พนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ที่มีอายุต่างกัน มีคุณภาพชีวิตในการทำงานในภาพรวม และรายด้านทุกด้านแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2.3. พนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ที่มีระดับการศึกษาต่างกัน มีคุณภาพชีวิตในการทำงานในภาพรวม และรายด้านทุกด้านมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2.4. พนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ที่มีตำแหน่งงานต่างกัน มีคุณภาพชีวิตในการทำงานในภาพรวม และรายด้านทุกด้านมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2.5. พนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร พบว่าพนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ที่มีอายุการทำงาน ต่างกัน มีคุณภาพชีวิตในการทำงานในภาพรวม และรายด้านทุกด้านมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

สรุปผลการวิจัย

1. พนักงานบริษัทเอกชนเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ได้แก่ ด้านสัมพันธภาพระหว่างบุคคล ด้านความสมดุลระหว่างชีวิตส่วนตัวกับการทำงาน ด้านกฎหมายและการบวนการยุติธรรม ด้านเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานได้พัฒนาความรู้ความสามารถ ด้านสิ่งแวดล้อมที่ถูกลักษณะและปลอดภัย ด้านความก้าวหน้าและความมั่นคง ด้านค่าตอบแทนที่เป็นธรรมและเพียงพอ และด้านสัมพันธ์ทางสังคม

2. ผลการเปรียบเทียบคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานบริษัทเอกชน เขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ที่มีเพศแตกต่างกันมีคุณภาพชีวิตในการทำงานโดยภาพรวมและรายด้านทุกด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

พนักงานบริษัทเอกชน ที่มีอายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่งงาน และอายุการทำงานแตกต่างกันมีคุณภาพชีวิตในการทำงานด้านค่าตอบแทนที่เป็นธรรมและเพียงพอ ด้านสิ่งแวดล้อมที่ถูกลักษณะและปลอดภัย ด้านเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานได้พัฒนาความรู้ความสามารถ ด้านความก้าวหน้าและความมั่นคง ด้านสัมพันธภาพระหว่างบุคคล ด้านกฎหมายและการบวนการยุติธรรม ด้านความสมดุลระหว่างชีวิตส่วนตัวกับการทำงาน และด้านสัมพันธ์ทางสังคม แตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร.เจษฎี บุตรดำ กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้สละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษาและแนะนำตลอดจนตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการศึกษานี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กิตติศักดิ์ สุพร. (2557). คุณภาพชีวิตทำงานของบุคลากรโรงเรียน สังกัดสำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษในจังหวัดนครปฐม. การค้นคว้าอิสระปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาการบริหารการศึกษา. มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[2] ธงชัย รุ่งขาว (2561) ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตการทำงานของบุคลากร สังกัดสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยบูรพาวิทยานิพนธ์นี้หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิตสาขาวิชาการบริหารการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[3] นันทน์มณีส สุวรรณศิลป์ (2563) คุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงาน บริษัท พานาโซนิค แมนูแฟคเจอร์ริง ออยุธยา จำกัด คณะศิลปศาสตรมหาบัณฑิต การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[4] รัชพล บุญอนุวัฒน์ (2551) คุณภาพชีวิตการทำงานที่มีความสัมพันธ์กับความพอใจในชีวิตความเป็นอยู่และแนวโน้มพฤติกรรมในการทำงานของพนักงานบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

[5] ธงชัย รุ่งข้าว (2561) ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตการทำงานของบุคลากร สังกัดสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยบูรพาวิทยานิพนธ์นี้หลักสูตรศึกษามหาบัณฑิตสาขาวิชาการบริหารการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[6] อรพรรณ สุดแก้ว (2563) คุณภาพชีวิตในการทำงานของบุคลากรโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร คณะศิลปศาสตรมหาบัณฑิต การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2554) การจัดการทรัพยากรมนุษย์ของธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในจังหวัดเชียงใหม่เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่การค้นคว้าอิสระ บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[7] Rathamani, P., & Rameshwari, R. (2013). A study on quality of work life of employees in textile industry. *Journal of Business and Management*, 8 (3), 54 – 59.

[8] Sarji, G. N., & Dargahi, H. (2006). Study of Quality of Work Life (QWL) *Iranian Journal of Public Health*, 35 (4), 8 – 14.

[9] Danilewitz, Jessica R. (2017) Quality of Life and Sources of Stress in Teachers: A Canadian Perspective. *Electronic Thesis and Dissertation Repository* 4469: <https://ir.lib.uwo.ca/etd/4469>

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ของพนักงาน

บริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด

ธนพงษ์ เรืองฐิตพันธ์^{1*} เจษณี บุตรคำ²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์(1)เพื่อศึกษาระดับการพัฒนาทุนมนุษย์ ของพนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด (2)เพื่อศึกษาระดับปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ ของพนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด (3)เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาทุนมนุษย์กับปัจจัยการทำงานที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ ของพนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด การเก็บข้อมูลจากพนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด โดยวิธีการสุ่มที่ใช้การวิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง แบบชั้นภูมิอย่างมีสัดส่วน เท่ากับ 141 คน การ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ สถิติ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ แบบเพียร์สัน

ผลการศึกษาพบว่า

- 1) ระดับความคิดเห็นการพัฒนาทุนมนุษย์ของพนักงาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก
- 2) ระดับปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ ของพนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด จากตัว ทำนายความตั้งใจและความมุ่งมั่นในการทำงานอยู่ระดับมากที่สุด ส่วนสภาพแวดล้อมในการทำงาน ความก้าวหน้าในอาชีพ และการสนับสนุนของผู้บริหาร อยู่ระดับมาก
- 3) ความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาทุนมนุษย์กับปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ของพนักงาน บริษัทโซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ : ปัจจัยที่ส่งผล การพัฒนาทุนมนุษย์, โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป

^{1*} นักศึกษาปริญญาโท, หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต คณะพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 10240

² ดร., คณะพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 10240

¹ Graduate Student., Master of Arts Program in Human Resource Development Ramkhamhaeng University, 10240 Thailand

² Dr., Faculty of Human Resource Development Ramkhamhaeng University 10240 Thailand

*Corresponding author: Tel: 061-264-2669 E-mail address: 6414480001@rumail.ru.ac.th

Factors Affecting human capital development of Soken Development Group Company Limited

Narongchai Theparin^{1*} Chetsanee Butdam²

Abstract

The three purposes of this research were (1) to study the level of human capital development of Soken Development Group Co.,Ltd., (2) to study the level of factors that affect the human capital development of Soken Development Group Co.,Ltd., (3) to study the relationships of employees, where established at the Soken Development Group Co., Ltd., that affect human capital development. In a nutshell, the method of this study used 141 samples to analyze by the questionnaire. Afterward, all of the data were obtained to compute the percentage, mean, standard deviation, and Pearson's correlation.

The research result showed that

- 1) Employees had a high level of overall human capital development opinions.
- 2) The level of factors affecting human capital development employees from the predictors of intention and commitment to work were at the highest, the working environment career advancement and the support of the executives is at a high level.
- 3) Relationship between human capital development and factors affecting human capital development of employees at Soken Development Group Co., Ltd. was at a statistically significant level of 0.01.

Keyword: factors affecting, human capital development, Soken Development Group

บทนำ

ในสภาวะการณ์ปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงการบริหารงานบุคคล หรือการจัดการทรัพยากรมนุษย์ ปัจจุบันได้มีแนวคิด ของการบริหารจัดการสมัยใหม่ในภาคเอกชน โดยได้ให้ความสำคัญกับการจัดการทุนมนุษย์ เป็นอย่างมาก โดยมีหลักปรัชญาว่า ถ้าองค์กรใดมีการบริหารจัดการทุนมนุษย์ที่ดีกว่าย่อมจะทำให้องค์กรนั้นมีความสามารถในการแข่งขันได้ที่สูงกว่า จากกระแสเทคโนโลยีในปัจจุบัน องค์กรต้องปรับเปลี่ยนการบริหารจัดการของตนเองเพื่อให้สามารถแข่งขันและสร้างความเติบโตขององค์กร จึงจำเป็นต้องปรับการบริหารจัดการขององค์กร เสริมสร้างในด้านความมั่นคงและการวางแผนเชิงยุทธศาสตร์ เพื่อสนองต่อความต้องการของประเทศชาติและประชาชน มิใช่ให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการ และเทคโนโลยีเท่านั้น แต่ได้เริ่มให้ความสำคัญต่อบุคลากรมากขึ้น

การบริหารจัดการ เพื่อสร้างทุนมนุษย์ คุณภาพและผลการปฏิบัติงานของบุคลากร เป็นการรวมกิจกรรมอย่างกว้างขวาง นับตั้งแต่การกำหนดและสรรหาบุคลากรที่มีความสามารถที่ดีที่สุด (talent) การรักษาบุคลากร การพัฒนาและจูงใจให้บุคลากรแสดงศักยภาพสูงสุดของตนเองได้ ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทุนมนุษย์จำเป็นต้องมีแนวคิดที่สร้างสรรค์ มีแรงขับเคลื่อน กระตือรือร้น และให้ความสำคัญต่อการมุ่งสู่ความสำเร็จที่เป็นเลิศตั้งนั้น การบริหารทุน มนุษย์จึงเป็นปัญหา การจัดการที่ผู้บริหารทุกระดับในองค์กร ต้องมีส่วนเกี่ยวข้องอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การบริหารทุน มนุษย์ ในยุคนี้ จึงเป็นภารกิจที่สำคัญของผู้บริหารทุกระดับในองค์กร ต้องวางแผนและดำเนินการเพื่อสร้างบุคลากรที่มีศักยภาพและสร้างผลผลิตสูงสุดให้กับองค์กร (สุพัตน์ มิตรยอดวงศ์, 2559) การแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบันทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้องค์กรต่าง ๆ ต้องสรรหากลยุทธ์มาสร้างความ ได้เปรียบใน การแข่งขันให้กับองค์กรของตนเองสร้างจุดแข็งและกำจัดจุดอ่อนให้เหลือน้อยที่สุดปรับตัวให้ทันต่อปัจจัยสภาวะแวดล้อมภายนอกที่เปลี่ยนแปลง เศรษฐกิจที่ผันผวน การเมืองที่ไม่แน่นอน เพื่อให้องค์กรประสบความสำเร็จในการดำเนินงาน ก้าวขึ้นเป็นองค์กรชั้นนำที่ได้รับการยอมรับและสามารถเติบโตได้อย่างมั่นคงยั่งยืนตลอดไป ความมุ่งหวังขององค์กรธุรกิจต่าง ๆ จะสัมฤทธิ์ผลได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการประกอบกัน อาทิ เงินทุนมาก เครื่องมือเครื่องจักรทันสมัย ข้อมูลข่าวสารที่มากเพียงพอ กลยุทธ์การบริหารธุรกิจ วิสัยทัศน์ผู้นำ นวัตกรรมที่แตกต่าง และที่สำคัญที่สุดคือการมีทรัพยากรมนุษย์ที่มีความรู้ทักษะ ความสามารถในการปฏิบัติงานป็นกลไกขับเคลื่อนองค์กรไปสู่ความสำเร็จ ความสำเร็จขององค์กรธุรกิจเกิดจากมนุษย์ มนุษย์เป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อองค์กร และมนุษย์แตกต่างจากทรัพยากร ประเภทอื่นเนื่องจากมนุษย์เป็นทรัพยากรที่มีชีวิตจิตใจ ไม่สามารถสั่งการได้ถ้าไม่พอใจ จึงต้องมีการโน้มน้าว จูงใจ เพื่อให้มนุษย์เกิดความพึงพอใจก่อน “ทุนมนุษย์” ซึ่งก็คือ ความสามารถ พฤติกรรมการแสดงออกและพลังของคนทำงานเป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองข้ามได้ ในช่วงกลางทศวรรษนี้ สัจธรรมบางอย่างปรากฏให้เห็น เป็นที่ซาบซึ้งกัน พนักงานได้รับการยกระดับให้สูงขึ้น เมื่อมนุษย์มีความพึงพอใจมีความรู้สึกที่ดีต่อผู้นำและต่อองค์กร จะตั้งใจ ทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มความสามารถให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนด (ปริดาพร คนทา, ดารารัตน์ อินทร์คุ้ม, 2559)

องค์กรในปัจจุบันต่างขับเคลื่อนด้วยมนุษย์สร้างมนุษย์ให้ เป็นจุดแข็งขององค์กรใช้มนุษย์เป็นแรงผลักดันองค์กรไปสู่ความสำเร็จ เป็นองค์กรชั้นนำ ที่มีชื่อเสียงเป็นที่ยอมรับในระดับโลก เมื่อทุกองค์กรต่างเห็นพ้องต้องกันว่าคนเป็นหัวใจสำคัญขององค์กรมีคุณค่าและพัฒนาให้เป็น “ทุน” ได้ด้วยวิธีการสร้างมูลค่าเพิ่มโดย การส่งเสริม การศึกษาเพิ่มเติมในระดับสูงขึ้น การสนับสนุนให้ทำงานที่ตรงกับความสามารถ การหมุนเวียน การเปลี่ยนแปลงสายงานเพื่อให้มีความรู้เพิ่มขึ้นการเพิ่มความสามารถ โดยการมอบอำนาจแบบเบ็ดเสร็จเด็ดขาดในการดำเนินงานเพื่อให้เกิดความสร้างสรรค์ผลงานใหม่เพิ่มขึ้นทำให้มีความชำนาญเฉพาะทางได้ ซึ่งการสร้างคุณค่าเพิ่มให้แก่ทรัพยากรมนุษย์ คือ การแปลงทรัพยากรมนุษย์ให้เป็นทุนมนุษย์ ซึ่งจะทำให้องค์กรสามารถแข่งขันกับองค์กรอื่นได้ มนุษย์เมื่อได้รับการพัฒนาจะมีความรู้เพิ่มขึ้นมีความคิดที่ก้าวไกล เข้าใจตนเองและเข้าใจองค์กรปฏิบัติงานอย่างเหมาะสมเกิดประโยชน์ต่อองค์กรของตนและสังคม โดยรวมนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน (sustainable development) มนุษย์อยู่คู่องค์กร องค์กรปรับตัวตอบสนองต่อสังคมอยู่ร่วมกันเกื้อกูลกันอย่างสมดุล การพัฒนาที่ยั่งยืน

(sustainable development) คือนโยบายที่สนองตอบความต้องการของประชาชนในปัจจุบัน โดยไม่ทำลายทรัพยากรซึ่งจะเป็นที่ต้องการในอนาคต (พระพรหมคุณาภรณ์ (ป.อ. ปยุตโต), 2551)

ความสำเร็จขององค์การเกิดจากมนุษย์ ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อองค์การ มนุษย์แตกต่างจากทรัพยากรประเภทอื่น เนื่องจากมนุษย์เป็นทรัพยากรที่มีชีวิต มีจิตใจ ไม่สามารถสั่งการได้ ถ้ารู้สึกไม่พอใจ จึงต้องการมีการโน้มน้าว จูงใจ เพื่อให้มนุษย์เกิดความพึงพอใจก่อนเมื่อมนุษย์มีความรู้สึกที่ดีต่อผู้นำและต่อองค์การ จะตั้งใจทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มความสามารถให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนด องค์การในปัจจุบันต่างขับเคลื่อนด้วยมนุษย์ สร้างมนุษย์ให้เป็นจุดแข็งขององค์การใช้มนุษย์เป็นแรงผลักดันขององค์การไปสู่ความสำเร็จ เป็นองค์การที่มีชื่อเสียงเป็นที่ยอมรับ เมื่อทุกองค์การต่างเห็นพ้องต้องกันว่าคนเป็นหัวใจสำคัญขององค์การ มีคุณค่าและพัฒนาให้เป็น “ทุน” ได้ด้วยวิธีการสร้างมูลค่าเพิ่มโดยการส่งไปฝึกอบรมหรือศึกษาเพิ่มเติมในระดับที่สูงขึ้นการสนับสนุนให้ทำงานที่ตรงกับความสามารถ ทำให้มีความชำนาญเฉพาะทาง เพื่อเพิ่มคุณค่าเพิ่มให้แก่ทรัพยากรมนุษย์ ซึ่งจะทำให้องค์การพัฒนาองค์การอย่างยั่งยืน (สมุลดา สัจใจสม, 2555)

บริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด จึงให้ความสำคัญกับการพัฒนาบุคลากร มีการพัฒนาบุคลากรตามสายงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อต้องการพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ ความสามารถ โดยสนับสนุนให้บุคลากรศึกษาต่อ รวมทั้งการศึกษาดูงานฝึกอบรมหลักสูตรต่างๆ การพัฒนาทุนมนุษย์ มิใช่เพียงให้คนมีความรู้และทักษะเท่านั้น เพราะคนที่มีความรู้หรือทักษะอาจจะไม่ได้ทำงานให้กับองค์การอย่างเต็มที่ ดังนั้นในการพัฒนาทุนมนุษย์ต้องมีวิธีการที่ทำให้บุคคลนำความรู้และทักษะแปลงเป็นผลงานที่สอดคล้องกับองค์การ ซึ่งถือเป็นเป้าหมายสุดท้ายของการพัฒนา จากความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น (แผนบริหารความเสี่ยงและการพัฒนาองค์กร บริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัดและบริษัท ในเครือ, 2564)

ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญจะศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ ของบุคลากร บริษัทโซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการศึกษาและเป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจของผู้บริหาร ในการวางแผนพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ ของบริษัทโซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาระดับการพัฒนาทุนมนุษย์ของพนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด
2. เพื่อศึกษาระดับปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ของพนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาทุนมนุษย์กับปัจจัยการทำงานที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ ของพนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด

ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นการมุ่งศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ของพนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาทุนมนุษย์ ในด้านความรู้ ด้านทัศนคติ และด้านทักษะการทำงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานต่อไป โดยมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1. ขอบเขตด้านประชากร คือ ประชากร พนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด จำนวน 141 คน (ข้อมูล ณ วันที่ 12 เมษายน 2566)

2. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ พนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด โดยใช้วิธีการเปิดตาราง ประมาณขนาดกลุ่มตัวอย่างของเครจซีและมอร์แกน (krejcie & morgan) ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 103 คน เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ผู้วิจัยเก็บจำนวนกลุ่มตัวอย่างจากประชากรทั้งหมด จำนวน 141 คน

3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

3.1. ตัวแปรต้น คือ

3.1.1. ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ อายุงาน ตำแหน่งงาน และรายได้ต่อเดือน

3.1.2. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ ได้แก่ การสนับสนุนของผู้บริหาร ความตั้งใจและความมุ่งมั่นในการทำงาน สภาพแวดล้อมในการทำงาน และความก้าวหน้าในอาชีพ

3.2. ตัวแปรตาม คือ การพัฒนาทุนมนุษย์ ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านทัศนคติ และด้านทักษะการทำงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาพนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาทุนมนุษย์ ในด้านความรู้ ด้านทัศนคติ และด้านทักษะการทำงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานต่อไป โดยมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1. ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ของพนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด

2. นำข้อมูลจากการศึกษาค้นคว้าเป็นแนวทางในการวางแผนพัฒนาพนักงานในด้านทุนมนุษย์ และสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจให้กับผู้บริหาร ของบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด

วิธีดำเนินการ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ โดยมีกลุ่มตัวอย่าง คือ พนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด จำนวน 141 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์โดยแบบสอบถามออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสถานภาพส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ และตอนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับการพัฒนาทุนมนุษย์ ข้อคำถามมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับผ่านการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ มีค่าความเชื่อมั่น

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ ของพนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเมนท์ กรุ๊ป จำกัด ผู้วิจัยสามารถสรุปประเด็นนำมาอภิปราย ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 141 คน พบว่า พนักงานของบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเมนท์ กรุ๊ป จำกัด ที่ตอบแบบสอบถามส่วนมากเป็น เพศ หญิง คิดเป็นร้อยละ 61.00 อายุระหว่าง 21 - 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 46.10 อายุงานน้อยกว่า 3 ปี คิดเป็นร้อยละ 48.90 ระดับตำแหน่งเจ้าหน้าที่อาวุโส เจ้าหน้าที่ พนักงาน คิดเป็นร้อยละ 77.30 และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,001 - 30,000บาท คิดเป็นร้อยละ 46.10

2.ระดับการพัฒนาทุนมนุษย์

ผลการศึกษาพบว่า พนักงานของบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเมนท์ กรุ๊ป จำกัด มีระดับการพัฒนาทุนมนุษย์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.12$ และ $S.D. = 0.46$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านทัศนคติ ($\bar{X} = 4.22$ และ $S.D. = 0.51$) ด้านทักษะการทำงาน ($\bar{X} = 4.20$ และ $S.D. = 0.45$) และด้านความรู้ ($\bar{X} = 3.92$ และ $S.D. = 0.74$) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ด้านทัศนคติ พนักงานบริษัทมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.22$ และ $S.D. = 0.51$) พิจารณาเป็นรายด้านพบว่า 3 อันดับแรก ได้แก่ รู้สึกพึงพอใจเมื่อบริษัทจัดให้มีสวัสดิการ ส่งเสริมด้านการสร้างสัมพันธ์ ($\bar{X} = 4.29$ และ $S.D. = 0.64$) รู้สึกยินดีเมื่อทางบริษัทประกาศนโยบายสนับสนุนการพัฒนาศักยภาพของพนักงานในด้านต่าง ๆ ($\bar{X} = 4.29$ และ $S.D. = 0.59$) และเต็มใจและพร้อมที่จะเข้าร่วมการอบรมและพัฒนาฝีมือในการทำงานของตนเองอยู่เสมอเมื่อบริษัทจัดขึ้น ($\bar{X} = 4.28$ และ $S.D. = 0.63$) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยในระดับต่ำสุด พึงพอใจที่บริษัทจัดให้มีการทดสอบทักษะการปฏิบัติงานของพนักงานเป็นระยะ ๆ ($\bar{X} = 4.01$ และ $S.D. = 0.80$)

ด้านทักษะการทำงาน พนักงานบริษัทมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.20$ และ $S.D. = 0.45$) พิจารณาเป็นรายด้านพบว่า 3 อันดับแรก ได้แก่ มีความเชี่ยวชาญในขั้นตอนการทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย ($\bar{X} = 4.29$ และ $S.D. = 0.60$) มีความสามารถแก้ไขปัญหา ต่างๆ ในงานที่ได้รับมอบหมาย ($\bar{X} = 4.24$ และ $S.D. = 0.56$) และมีความสามารถในการทำงาน และคิดค้นทักษะใหม่ ๆ อยู่เสมอ ($\bar{X} = 4.19$ และ $S.D. = 0.58$) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยในระดับต่ำสุด นำระบบโปรแกรมสำเร็จรูปมาใช้งานอย่างคุ้มค่า เช่นระบบ ICON ($\bar{X} = 4.11$ และ $S.D. = 0.78$)

ด้านความรู้ พนักงานบริษัทมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.92$ และ $S.D. = 0.74$) พิจารณาเป็นรายด้านพบว่า 3 อันดับแรก ได้แก่ นำความรู้จากการฝึกอบรม มาปรับใช้ในการทำงาน ($\bar{X} = 3.97$ และ $S.D. = 0.88$) บริษัทเปิดโอกาสให้พนักงาน ศึกษา เรียนรู้ ผ่านช่องทางออนไลน์ได้อย่างสม่ำเสมอ ($\bar{X} = 3.95$ และ $S.D. = 0.85$) และบริษัทส่งเสริมให้มีการฝึกอบรมเพิ่มเติมความรู้ต่อการปฏิบัติงาน ($\bar{X} = 3.93$ และ $S.D. = 0.91$) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยในระดับต่ำสุด บริษัทมีการจัดอบรมหลักสูตรใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานอย่างสม่ำเสมอ ($\bar{X} = 3.86$ และ $S.D. = 0.88$)

3.ระดับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาทุนมนุษย์

ผลการศึกษาพบว่า ระดับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.02$ และ $S.D. = 0.53$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า 3 อันดับแรก ได้แก่ด้านความตั้งใจและความมุ่งมั่นในการทำงาน ($\bar{X} = 4.27$ และ $S.D. = 0.46$) ด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน ($\bar{X} = 4.12$ และ $S.D. = 0.55$)และด้านความก้าวหน้า

ในอาชีพ ($\bar{X}=3.95$ และ S.D. = 0.81)ข้อที่มีระดับปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ ในระดับต่ำสุด ด้านการสนับสนุนของผู้บริหาร ($\bar{X}=3.74$ และ S.D. = 0.84) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ด้านการสนับสนุนของผู้บริหารโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.74$ และ S.D. = 0.84)และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า 3 อันดับแรก ได้แก่ บริษัทที่มีการวางแผนฝึกอบรมพนักงาน ที่ชัดเจน ($\bar{X}=3.81$ และ S.D. = 0.94) บริษัทสนับสนุนให้ แสวงหาความรู้ ศึกษาดูงาน ($\bar{X}=3.78$, และ S.D. = 0.97) และบริษัทได้สนับสนุนในการจัดการฝึกอบรมภายในบริษัทอย่างสม่ำเสมอ ($\bar{X}=3.77$ และ S.D. = 0.93) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยในระดับต่ำสุด ได้รับการสนับสนุนในการศึกษาต่อ เช่น อนุญาตให้ลาศึกษา หรือให้ทุนการศึกษา ($\bar{X}=3.65$ และ S.D. = 0.96)

ด้านความตั้งใจและความมุ่งมั่นในการทำงานโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.27$ และ S.D. = 0.46) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า 3 อันดับแรก ได้แก่ มาทำงานตรงเวลาหรือก่อนเวลาอย่างสม่ำเสมอ ($\bar{X}=4.37$ และ S.D. = 0.63)ยอมรับว่าตนเอง พร้อมทั้งจะทำให้บริษัท เจริญก้าวหน้า ($\bar{X}=3.29$ และ S.D. = 0.59)และยอมรับว่าตนเองพร้อมที่จะช่วยสนับสนุนกิจกรรมของบริษัท ($\bar{X}=3.28$ และ S.D. = 0.56) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยในระดับต่ำสุด ได้แก่ รู้สึกสนุกในงานที่ทำอยู่และมีความตั้งใจ พยายามทำงานอย่างเต็มที่ ($\bar{X}=4.17$ และ S.D. = 0.63)

ด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.12$ และ S.D. =0.55) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า 3 อันดับแรก ได้แก่ สามารถทำงานร่วมกันกับเพื่อนร่วมงานได้อย่างดี ($\bar{X}=4.31$ และ S.D. = 0.57)เมื่อมีปัญหาในเรื่องงานและเรื่องส่วนตัวเพื่อนร่วมงานช่วยกันแก้ปัญหาได้ ($\bar{X}=4.21$ และ S.D. = 0.72)และบริษัทจัดให้มีสิ่งอำนวยความสะดวกและจำเป็นสำหรับพนักงาน เช่น น้ำดื่ม ($\bar{X}=4.21$ และ S.D. =0.67) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยในระดับต่ำสุด ได้แก่ บริษัทจัดให้มีการประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นหรือมีกล่องรับข้อเสนอแนะ ($\bar{X}=3.87$ และ S.D. = 0.93)

ด้านความก้าวหน้าในอาชีพ (Career Path)โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.95$ และ S.D. = 0.72) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า 3 อันดับแรก ได้แก่ บริษัทมีโครงสร้างองค์กร โครงสร้าง ฝ่าย ชัดเจน ($\bar{X}=4.06$ และ S.D. = 0.79) บริษัทมีแผนความก้าวหน้าในอาชีพของพนักงาน ($\bar{X}=3.99$ และ S.D. = 0.83) และบริษัทมีการโปรโมทเลื่อนขั้น เลื่อนตำแหน่งประจำปี ที่เหมาะสม ($\bar{X}=3.99$ และ S.D. = 0.69) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยในระดับต่ำสุด ได้แก่ บริษัทมีการจัดอบรมเกี่ยวกับความก้าวหน้าในอาชีพให้พนักงาน ($\bar{X}=3.87$ และ S.D. =0.90)

4.ความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาทุนมนุษย์กับปัจจัยการทำงานที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์

ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยการทำงานมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการพัฒนาทุนมนุษย์ ในภาพรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.789 ซึ่งมีความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์รายด้านกับการพัฒนาทุนมนุษย์รายด้านมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์รายด้านอยู่ระหว่าง 0.201-0.843 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.01 มีทั้งหมด 3 ด้าน และคู่ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระดับสูงมาก 2 ด้าน เรียงตามลำดับ ได้แก่ ปัจจัยการทำงานด้านความก้าวหน้าในอาชีพ (Y_4) กับด้านความรู้ (X_1) ($r = .843$) รองลงมาคือด้านการสนับสนุนของผู้บริหาร (Y_1) กับกับด้านความรู้ (X_1) ($r = .814$) และมีความสัมพันธ์ระดับสูง 1 ด้าน คือด้านความก้าวหน้าในอาชีพ (Y_4) กับภาพรวมการพัฒนาทุนมนุษย์ ($r = .777$) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ด้านการสนับสนุนของผู้บริหาร (Y_1) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการพัฒนาทุนมนุษย์ในด้านความรู้ (X_1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.814 ถือว่ามีความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงมาก เมื่อพิจารณากับการพัฒนาทุนมนุษย์เป็นรายด้านพบว่ามีความสัมพันธ์ระดับสูง 1 ด้าน คือ ด้านภาพรวมการพัฒนาทุนมนุษย์ ($r = .601$) และมีความสัมพันธ์ระดับต่ำ 2 ด้าน ได้แก่ ด้านทักษะการทำงาน (X_3) ($r = .292$) และด้านทัศนคติ (X_2) ($r = .201$)

ด้านความตั้งใจ (Y_2) และมุ่งมั่นในการทำงานมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการพัฒนาทุนมนุษย์ในภาพรวมการพัฒนาทุนมนุษย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.456 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับการพัฒนาทุนมนุษย์ เป็นรายด้านพบว่ามีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง 1 ด้าน คือด้านทัศนคติ (X_2) ($r = .426$) และมีความสัมพันธ์ระดับต่ำ 2 ด้าน ได้แก่ ด้านทักษะการทำงาน (X_3) ($r = .388$) ด้านความรู้ (X_1) ($r = .327$)

ด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน (Y_3) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการพัฒนาทุนมนุษย์ในด้านความรู้ (X_1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.744 ซึ่งมีความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับการพัฒนาทุนมนุษย์รายด้านพบว่ามีความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง 1 ด้าน คือ ด้านภาพรวมการพัฒนาทุนมนุษย์ ($r = .743$) และมีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง 2 ด้าน ได้แก่ ด้านทักษะการทำงาน (X_3) ($r = .528$) และด้านทัศนคติ (X_2) ($r = .483$)

ด้านความก้าวหน้าในอาชีพ (Y_4) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการพัฒนาทุนมนุษย์ในด้านความรู้ (X_1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.843 ซึ่งมีความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงมาก เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับการพัฒนาทุนมนุษย์เป็นรายด้านพบว่ามีความสัมพันธ์ระดับสูง 1 ด้าน คือ ด้านภาพรวมการพัฒนาทุนมนุษย์ ($r = .777$) และมีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง 2 ด้าน ได้แก่ ด้านทักษะการทำงาน (X_3) ($r = .483$) และด้านทัศนคติ (X_2) ($r = .471$)

สรุปผลการวิจัย

1. การพัฒนาทุนมนุษย์ของพนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด อยู่ในระดับมาก
2. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ ของพนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด ภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยปัจจัยการทำงานที่ระดับมากที่สุด 1 ด้าน คือ ด้านความตั้งใจและความมุ่งมั่นในการทำงาน และระดับมาก ทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ ด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน ด้านการสนับสนุนของผู้บริหาร และด้านความก้าวหน้าในอาชีพ
3. ความสัมพันธ์ปัจจัยการทำงานที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ ของพนักงานบริษัท โซเคน ดีเวลลอปเม้นท์ กรุ๊ป จำกัด มีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาอิสระฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร.เจษณี บุตรดำ กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้สละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษาและแนะนำตลอดจนตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการศึกษาอิสระฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ลุล่วงได้ด้วยดีผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กัลย์ ปิ่นเกษร, เฉลิมชัย กิตติศักดิ์นารีน และจิรวรรณ คงคล้าย.(2560). ทูมนมนุษย์ ตัวชี้วัดทูมนมนุษย์ระดับองค์การวารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 11(2), 193-202.
- [2] เกษรศิริ อรุณชัยพร.(2558) ทูนทางสังคม Social Capital อาจารย์คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
- [3] คมกริช เสาวจิตร. (2556). ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของพนักงานสำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 1 (ภาคกลาง) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. การค้นคว้าอิสระ บธ.ม. (บริหารธุรกิจ). พระนครศรีอยุธยา : มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา : อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กิติมา ทามาดี
- [4] จุฑามาต ทันธิกุล, ชุมพล รอดแจ่ม, ชลภัตสรณ์ สิทธิวงค์ชัย, ชุตติกาญจน์ ศรีวิบูลย์.(2564) รูปแบบการพัฒนาทูมนมนุษย์สำหรับสถาบันอุดมศึกษาเอกชน หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาวัตกรรมการจัดการทูมนมนุษย์และกาประกอบการวิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย Journal of Business Administration and Languages (JBAL) Vol.9 No.2 July - December 2021
- [5] ธนพร ลือเวทย์วัฒน์. (2557) การวิเคราะห์การเปิดเผยข้อมูลเกี่ยวกับทูมนมนุษย์ การค้นคว้าอิสระ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [6] นิทัศน์ ศิริโชติรัตน์. (2559) หลักการบริหารทรัพยากรมนุษย์ในศตวรรษที่ 21 (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [7] นิสตารค์ เวชยานนท์. (2551) มิติใหม่ในการบริหารทูมนมนุษย์. กรุงเทพฯ กราฟิโก ซิสเต็มส์
- [8] ปรีดาพร คณทา, ดารารัตน์ อินทร์คุ้ม. (2559) ทูมนมนุษย์กับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์แนวคิดใหม่ วารสารนวัตกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม-ธันวาคม 2559
- [9] ผกามาต บุตรสาดี, ฐิตาภรณ์ สินเจริญศักดิ์.(2563). ทูนทางปัญญาเครื่องมือวัดมูลค่ากิจการวารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2563
- [10] พระครูสังฆรักษ์วิจิตร ธีรจิตโต (สุนทราวัด). (2564) แนวทางการบริหารทูมนมนุษย์เพื่อสร้างเสริมศักยภาพบุคลากรของวิทยาลัยสงฆ์พุทธโสธร มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 7 “วิถีพุทธวิถีชุมชน รากฐานชีวิตคนเชิงสังคมล้านนาในสังคมวิถีใหม่” วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2564 ณ วิทยาลัยสงฆ์ลำพูน มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย
- [11] พระปลัดประพจน์ สุภาโต, พระมหาประกาศิต สิริเมโธ และทินกฤตพัชร รุ่งเมืองทูนทาง. (2563) สังคมกับการพัฒนาชุมชนวัดสำโรง อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม วารสารสันติศึกษาปริทรรศน์ มจร ปีที่ 8 ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม-มิถุนายน 2563)
- [12] พลทธิพงศ์ จักกะพาก. (2564) การพัฒนาทูมนมนุษย์ตามแนวทางรัฐประศาสนศาสตร์ วารสาร มจร.สังคมศาสตร์ปริทรรศน์ที่ 10 ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน 2564
- [13] ไมตรี อินทรีย์ยะ. (2560) . ทูนทางสังคม สถาบันการเรียนรู้เพื่อปวงชน ดร.ไมตรี อินทรีย์ยะอาจารย์ประจำ สถาบันการเรียนรู้เพื่อปวงชน 13/2 หมู่ที่ 1 ตำบลบางคนที อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม 75120 e-mail: nakhonsithammarat@life.ac.th

- [14] เรืองยศ สารพุดิเศรษฐ์, รวิภัทร ประภานัน. (2564). บริษัท เอฟ-เทค เอ็มเอฟจี.(ไทยแลนด์) จำกัด (สำนักงานใหญ่)วิทยาการ
จัดการวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – เมษายน ปี 2564การบูรณาการหลักไตรสิกขาเพื่อพัฒนา
ทุนมนุษย์ในศตวรรษที่ 21 วารสารการสอนสังคมศึกษา.
- [15] สุพตน์ มิตรยอดวงศ์. (2559). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ของข้าราชการกองทัพอากาศ EAU Heritage
Journal Social Science and Humanity Vol. 6 No. 1 January-April 2016
- [16] อัครเดช ไม้จันทร์, นุจรีย์ แซ่จิว. (2560). ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของพนักงานกลุ่มอุตสาหกรรมติดตั้ง
เครื่องจักรสายการผลิตในจังหวัดสงขลา คณะวิทยาการจัดการ ภาควิชาบริหารธุรกิจ วิทยานิพนธ์ (บธ.ม.
(บริหารธุรกิจ))มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2560
- [17] Khalique, M., Shaari, J. A. N., Ageel, A., & Isa, A. H. B. M. (2011). Role of Intellectual Capital on the Organizational
Performance of Electrical and Electronic SMEs in Pakistan. International Journal of Business and
Management, 6(9), 253-257.
- [18] Wangudom, A. (2001). Human Capital and Development in Thailand. Master of Economics thesis Faculty
of Economics Thammasat University

การศึกษาตามแนวภูมิทัศน์เชิงภาษาศาสตร์ของภาษาบนป้ายโฆษณาเชิงพาณิชย์ ในเขตเทศบาลนครยะลา จังหวัดยะลา

ชอพรอน บินศาสตร์¹ ซาฟิเนห์ ไสสากา¹ ฮุสนา ปีรู¹ สตีฟาตีเมาะ สะเลนิ¹ และ วรเวทย์พิสิษ ยศศิริ^{2*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์การใช้ภาษาที่ปรากฏบนป้ายโฆษณาในเทศบาลนครยะลา จังหวัดยะลา ตามแนวคิดทฤษฎีภูมิทัศน์ทางภาษาศาสตร์ โดยจะศึกษาเฉพาะป้ายโฆษณาสินค้าที่อยู่ในบริเวณเขตเทศบาลนครยะลาเท่านั้น ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้โทรศัพท์มือถือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยถ่ายรูปภาพป้ายโฆษณาต่างๆในพื้นที่เขตเทศบาลนครยะลา โดยจะมีการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้แบบเชิงพรรณนาและนำสถิติเบื้องต้นในการวิเคราะห์เพื่อหาความถี่ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการใช้ภาษาที่ปรากฏบนป้ายโฆษณาในเทศบาลนครยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา จำนวน 91 ป้าย ทั้งหมด 2 ภาษา คือ ภาษาไทย และภาษาอังกฤษ โดยพบว่าป้ายโฆษณาที่ใช้ภาษามากที่สุด คือ ภาษาไทย และประเภทของภาษาที่ใช้บนป้ายโฆษณาในเขตเทศบาลนครยะลาที่มีใช้มากที่สุด คือ ป้ายโฆษณาที่ใช้ภาษาเดียว จำนวน 66 ป้าย ส่วนลักษณะโครงสร้างในระดับภาษาที่ปรากฏบนป้ายโฆษณาในเทศบาลนครยะลา มีทั้งระดับคำ ระดับวลี และระดับประโยค ผลการศึกษาภาษาบนป้ายโฆษณามีความสำคัญอย่างมากเพราะป้ายสื่อโฆษณายเป็นแหล่งข้อมูลประเภทหนึ่งที่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับตัวสินค้าและแนะนำสินค้าที่สามารถเข้าถึงกลุ่มคนได้มากที่สุดในปัจจุบัน

คำสำคัญ ภาษาศาสตร์ภูมิทัศน์ ป้ายโฆษณา ภาษา

¹นักศึกษาลัทธิศิลปศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภาษาอังกฤษ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จ.ยะลา 9500

²อาจารย์ สาขาวิชาภาษาอังกฤษ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จ.ยะลา 9500

* Corresponding Author: E-mail: varavejbhisiss.y@yru.ac.th

A Linguistic Landscape Study of Languages on Commercial Billboards in Yala Municipality, Yala Province

Sofron Binsatra¹, Safina Saisaka¹, Husna Beeru¹, Sitipatimoh Saleni¹, and Varavejbhisit Yossiri^{2*}

Abstract

In this research, the use of language in advertisements displayed in Yala Municipality, Yala Province, is examined and analyzed according to the linguistic landscape approach. Specifically, the study focuses on advertisements located within the Yala Municipality area. The researchers employed mobile phones to collect data by capturing images of various advertisements in the Yala Municipality area. The data was analyzed using descriptive and inferential statistics to determine the frequency of language use. The research findings reveal that there are a total of 91 advertisements in two languages, Thai and English, located in the Yala Municipality area, with Thai being the most commonly used language. The majority of advertisements used only one language, and 66 advertisements used Thai exclusively. The structure of the language on the advertisements was observed to include words, phrases, and sentences. The significance of studying the language used in advertisements is that they are a valuable source of information that can provide insight into the products being advertised and the target audience. Advertisements are currently the most accessible means of reaching the largest audience.

Keywords: Linguistics landscape, billboards, language

บทนำ

ในปัจจุบันภาษามีบทบาทและมีความสำคัญในการใช้ภาษาบนป้ายโฆษณาเพื่อดึงดูดหรือโน้มน้าวใจให้ผู้คนเกิดความสนใจ เพราะการใช้ภาษาในการประกอบอาชีพในด้านการโฆษณาต่างๆที่เกี่ยวกับภูมิทัศน์ทางภาษาศาสตร์ (Linguistic Landscape) ในด้านวิชาการทางภาษาศาสตร์ ซึ่ง Linguistic Landscape ภูมิทัศน์ทางภาษาศาสตร์ คือ การศึกษาภาษาที่ปรากฏในพื้นที่สาธารณะ เช่น ป้ายโฆษณา ป้ายทางถนน ป้ายชื่อสถานที่ ป้ายชื่อร้านค้า ป้ายของหน่วยงานราชการ ซึ่งการศึกษาภูมิทัศน์ทางภาษาศาสตร์ให้ความสำคัญกับภาษาที่ปรากฏบนป้ายสาธารณะเนื่องจากภาษาที่ปรากฏบนป้ายสาธารณะนั้นสามารถแสดงหน้าที่ของภาษาในพื้นที่นั้นๆได้อย่างชัดเจน ทั้งหน้าที่เชิงข้อมูล (informative function) และหน้าที่เชิงสัญลักษณ์ (symbolic function) ซึ่ง Landry & Bourhis (1997 อ้างถึงใน จริยา เสียงเย็น, 2558) ยังกล่าวถึงแนวคิดของภูมิทัศน์ทางภาษาไว้ว่า ภูมิทัศน์ทางภาษาเป็นการศึกษาภาษาจากสัญญาณต่างๆ เช่น ป้ายถนนสาธารณะ ป้ายโฆษณา ชื่อถนนและสถานที่ ชื่อป้ายร้านค้าเชิงพาณิชย์ และป้ายสัญญาณต่างๆ ทั้งที่ประชาชนและในสถานที่ราชการต่างๆ สร้างขึ้น เพื่อสร้างภูมิทัศน์หลักของพื้นที่ส่วนภูมิภาคหรือในเมืองที่มีการรวมตัวกันของกลุ่มคน

นอกจากนี้ภูมิทัศน์ทางภาษามีได้เป็นเพียงแต่การศึกษาภาษาที่ใช้ในการสื่อสารเท่านั้น แต่ภาษายังเป็นตัวแทนที่แสดงถึงเบื้องหลังที่เกี่ยวข้องกับโลกาภิวัตน์ เอกลักษณ์ และวัฒนธรรม รวมไปถึงการเจริญเติบโตกับการปรากฏตัวของภาษาอังกฤษและการฟื้นฟูของภาษาของกลุ่มชนต่างๆที่ใช้ติดต่อสื่อสารของกลุ่มคนในสังคมในพื้นที่หนึ่งๆอีกด้วย (Durk Gorter, 2006 อ้างถึงใน จริยา เสียงเย็น, 2558) ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาภูมิทัศน์ทางภาษา เช่น ชวลิต อริยะวิริยานันท์ (2557) อิทธิพลของสื่อโฆษณาที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้ออสังหาริมทรัพย์ประเภทที่อยู่อาศัย ธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ได้รับผลกระทบจากความเชื่อมั่นของผู้บริโภคในการตัดสินใจซื้ออสังหาริมทรัพย์ เกิดวิกฤตการณ์ความไม่สงบ ทุกบริษัทชะลอการเปิดตัวโครงการใหม่ ซึ่งเหตุการณ์ต่างๆได้เริ่มเข้าสู่ภาวะปกติ ความเชื่อมั่นของผู้บริโภคดีขึ้น ได้ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของตลาดมีมากขึ้น นอกจากนี้ ธนัญญา สาริกบุตร (2558) ได้ทำการวิเคราะห์เนื้อหาป้ายโฆษณาบนถนนริมทางเท้าส่งผลต่อการรับรู้และการจดจำของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร การดำเนินชีวิตประจำวันประกอบการที่มีสื่อโฆษณาที่หลากหลายและเกิดขึ้นใหม่มากมาย ซึ่งจะให้ข่าวสาร การให้การศึกษา การโน้มน้าวใจ และการให้ความบันเทิง

ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การใช้ภาษาที่ปรากฏบนป้ายโฆษณาในเทศบาลนครยะลา จังหวัดยะลาตามแนวคิดทฤษฎีภูมิทัศน์ทางภาษาศาสตร์ (Linguistic Landscape) ซึ่งจะสามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างภาษากับกลุ่มคนในสังคมเมืองที่มีการติดต่อสื่อสารกันภายใต้ความเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน (จริยา เสียงเย็น, 2558) ซึ่งการศึกษาภูมิทัศน์ทางภาษาศาสตร์ให้ความสำคัญกับภาษาที่ปรากฏบนป้ายสาธารณะเนื่องจากภาษาที่ปรากฏบนป้ายสาธารณะนั้นสามารถแสดงหน้าที่ของภาษาในพื้นที่นั้นๆได้อย่างชัดเจน ทำให้ทราบถึงวัตถุประสงค์และความสำคัญของสื่อโฆษณา ประเภทของสื่อโฆษณา แนวความคิดเกี่ยวกับการควบคุม การจัดการกับป้ายโฆษณา และประโยชน์ต่อผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ประเภทต่างๆ ในการใช้สื่อโฆษณาและพัฒนาการแสดงผลของป้ายโฆษณาในปัจจุบัน ซึ่งนำแนวทางในการแก้ไข ปรับปรุงการบริการให้เหมาะสมและเป็นที่น่าสนใจให้กับผู้บริโภค โดยเฉพาะกลุ่มเป้าหมายของผู้บริโภคที่เด่นชัด เพื่อจูงใจและกระตุ้นให้ผู้บริโภคเกิดการตัดสินใจซื้อได้ง่ายขึ้น และเอื้อประโยชน์ต่อผู้บริโภค ได้รู้จักกับสื่อโฆษณาต่างๆที่หลากหลายให้เกิดความสนใจและสามารถตอบโต้ภัยให้แก่ผู้บริโภค ซึ่งสื่อโฆษณาเป็นแรงจูงใจและดึงดูดความสนใจเป็นอย่างมากในการเลือกซื้อสินค้า ทำให้ผู้บริโภคได้ซื้อสินค้าที่ต้องการและถูกใจยิ่งขึ้น

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. รูปแบบงานวิจัย

ผู้วิจัยจะศึกษาเฉพาะป้ายโฆษณาที่อยู่ในบริเวณเขตเทศบาลนครยะลาเท่านั้น เนื่องจากพื้นที่เหล่านี้มีจำนวนประชากรอยู่อย่างหนาแน่นและเป็นแหล่งที่มีการสื่อสารด้วยป้ายโฆษณาและป้ายร้านค้าเป็นจำนวนมาก ซึ่งผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลเฉพาะป้ายโฆษณาสินค้าและบริการเท่านั้น เนื่องจากทางกลุ่มผู้วิจัยได้กำหนดไว้ เพื่อที่จะศึกษาและวิเคราะห์การใช้ภาษาที่ปรากฏบนป้ายโฆษณาในเทศบาลนครยะลา

2. การสำรวจพื้นที่เป้าหมายสำหรับเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เพื่อศึกษาและสำรวจความเป็นไปได้ของพื้นที่ในการเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินงานวิจัย โดยลงพื้นที่สำรวจป้ายโฆษณาจากพื้นที่ที่ได้กำหนดไว้ คือ เทศบาลนครยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของสื่อและเป็นพื้นที่ที่มีการสื่อสารด้วยป้ายโฆษณาจำนวนมาก โดยผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เพื่อสำรวจว่าในพื้นที่เทศบาลนครยะลามีการใช้ภาษาบนป้ายโฆษณามากน้อยเพียงใด พบว่าในเทศบาลนครยะลามีสื่อที่เป็นป้ายโฆษณาจำนวนมากและเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะของการสำรวจจำนวนป้ายโฆษณาในเขตดังกล่าว เนื่องจากผู้วิจัยจำเป็นต้องมีการสำรวจและลงพื้นที่ เพื่อเก็บข้อมูลและดำเนินงานวิจัย จึงมีความเหมาะสมที่จะเลือกให้เป็นพื้นที่ในการเก็บข้อมูลงานวิจัยครั้งนี้

3. ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล

งานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์การใช้ภาษาของป้ายโฆษณา โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 1 เดือนตั้งแต่วันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึง 15 ธันวาคม พ.ศ. 2563 โดยมีกระบวนการตั้งแต่การลงพื้นที่สำรวจและถ่ายรูปป้ายโฆษณาต่างๆในเทศบาลนครยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา เพื่อเป็นข้อมูลในการประกอบงานวิจัยและวิเคราะห์การใช้ภาษาบนป้ายโฆษณา

4. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้โทรศัพท์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยถ่ายรูปป้ายโฆษณาต่างๆในพื้นที่สาธารณะเขตเทศบาลนครยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา เช่น ป้ายโฆษณา ซึ่งโทรศัพท์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเป็นเครื่องมือในการดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับภูมิทัศน์ทางภาษาบนป้ายโฆษณาในอำเภอเมืองจังหวัดยะลา เพื่อวิเคราะห์การใช้ภาษาที่ปรากฏบนป้ายโฆษณาในเทศบาลนครยะลา

5. การเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นป้ายโฆษณาประเภทต่างๆที่อยู่ในเขตเทศบาลนครยะลา มีวิธีการเก็บข้อมูลป้ายโฆษณา โดยใช้วิธีการเก็บภาพให้ได้มากที่สุด และสุ่มแบบป้ายโฆษณา โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 1 เดือนตั้งแต่วันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึง 15 ธันวาคม พ.ศ. 2563

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยฉบับนี้จะใช้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อบรรยายลักษณะของข้อมูลว่าเป็นอย่างไร โดยการใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบเชิงพรรณนา ซึ่งจะอธิบายถึงลักษณะภาษาและการใช้ภาษาบนป้ายโฆษณา เพราะภาษาบนป้ายโฆษณาจะสื่อให้เห็นถึงความต้องการของผู้บริโภค โดยภาษาต้องมีข้อความที่กะทัดรัด โนม่น่าสนใจให้ผู้บริโภคเกิดความสนใจซื้อสินค้านั้นๆ นอกจากนี้ยังมีการใช้สถิติเบื้องต้นในการวิเคราะห์เพื่อหาความถี่ พิจารณาข้อมูลให้ชัดเจน จัดตำแหน่งและเปรียบเทียบ จำแนกตามจำนวนของตัวแปร เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยฉบับนี้จะต้องใช้สถิติเพื่อแจกแจงข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้งานวิจัยเป็นไปอย่างมีระบบและมีหลักเกณฑ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้สถิติในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

ผลการวิจัย

1. ภาษาที่ใช้บนป้ายโฆษณา

จากการศึกษาวิเคราะห์การใช้ภาษาที่ปรากฏบนป้ายโฆษณาในเทศบาลนครยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา จำนวน 91 ป้าย พบภาษาที่ใช้สื่อสารกันในบริเวณเขตอำเภอเมืองจังหวัดยะลามี 2 ภาษา คือ ภาษาไทย และภาษาอังกฤษ โดยพบว่าป้ายโฆษณาที่ใช้ภาษามากที่สุด คือ ภาษาไทย จำนวน 91 คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 100 และพบน้อยที่สุด คือ ภาษาอังกฤษจำนวน 25 คิดเป็นร้อยละ 27.47

2. รูปแบบของภาษาที่ใช้บนป้ายโฆษณา

จากการศึกษาตัวอักษรบนป้ายโฆษณาที่ปรากฏบนป้ายพบว่า ประเภทของภาษาที่ใช้บนป้ายโฆษณาในเขตเทศบาลนครยะลา จังหวัดยะลา ที่มีใช้มากที่สุด คือ ป้ายโฆษณาที่ใช้ภาษาเดียว เท่ากับ 66 ป้าย และพบน้อยที่สุด คือ ป้ายโฆษณาที่ใช้สองภาษาเท่ากับ 25 ป้าย เมื่อมาพิจารณาหรือเปรียบเทียบป้ายที่ใช้ภาษาเดียวกับป้ายที่ใช้สองภาษาแล้ว พบว่าป้ายโฆษณาที่ใช้ภาษาเดียวพบมากที่สุด

3. ลักษณะของโครงสร้างภาษา

จากการศึกษาวิเคราะห์การใช้ภาษาที่ปรากฏบนป้ายโฆษณาในเทศบาลนครยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา จำนวน 91 ป้าย ซึ่งแบ่งป้ายตามลักษณะโครงสร้าง ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงความถี่ของลักษณะโครงสร้าง

ลักษณะโครงสร้าง	ความถี่	ร้อยละ
ลักษณะภาษาระดับคำ	25	19.23
ลักษณะภาษาระดับคำนาม	14	10.77
ลักษณะภาษาระดับคำกริยา	6	4.62
ลักษณะภาษาระดับคำกริยาวิเศษ	2	1.54
ลักษณะภาษาระดับคำคุณศัพท์	3	2.31
ลักษณะภาษาระดับวลี	62	47.69
ลักษณะภาษาระดับนามวลี	34	26.15
ลักษณะภาษาระดับกริยาวลี	28	21.54
ลักษณะภาษาระดับประโยค	43	33.08
รวม	130	100

จากตารางที่ 1 จากการสำรวจป้ายโฆษณาในเขตอำเภอเมือง จังหวัดยะลา พบว่าความถี่ของลักษณะโครงสร้างภาษามีลักษณะภาษาในระดับคำจำนวน 25 เท่ากับร้อยละ 19.23 โดยมีการแยกจากระดับคำนั้นมีคำนามจำนวน 14 เท่ากับร้อยละ 10.77 คำกริยาจำนวน 6 เท่ากับร้อยละ 4.62 คำกริยาวิเศษจำนวน 2 เท่ากับร้อยละ 1.54 และคำคุณศัพท์จำนวน 3 เท่ากับร้อยละ 2.31 ลักษณะโครงสร้างภาษาระดับวลี พบว่ามีลักษณะภาษาในระดับวลีจำนวน 62 เท่ากับร้อยละ 47.69 โดยมีการแยกจากระดับวลีนั้นมีนามวลีจำนวน 34 เท่ากับร้อยละ 26.15 และกริยาวลีจำนวน 28 เท่ากับร้อยละ 21.54 ลักษณะโครงสร้างภาษาระดับประโยคจำนวน 43 เท่ากับร้อยละ 33.08 จากข้อความข้างต้นจะแสดงให้เห็นว่า ลักษณะโครงสร้างภาษาที่พบมากที่สุด คือ ลักษณะภาษาระดับวลี รองลงมา คือ ลักษณะภาษาระดับประโยค และลักษณะภาษาที่พบน้อยที่สุด คือ ลักษณะภาษาระดับคำ



ตัวอย่างป้ายโฆษณาระดับคำ



ตัวอย่างป้ายโฆษณาระดับวลี



ตัวอย่างป้ายโฆษณาระดับประโยค

4. ประเภทของโฆษณา

จากการศึกษาวิเคราะห์การใช้ภาษาที่ปรากฏบนป้ายโฆษณาในเทศบาลนครยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา จำนวน 91 ป้าย ซึ่งแบ่งป้ายตามประเภทของโฆษณา ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงความถี่ของประเภทโฆษณา

ประเภทโฆษณา	ความถี่	ร้อยละ
เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	17	18.68
เครื่องยนต์และยานพาหนะ	25	27.47
เครื่องใช้ภายในบ้าน	6	6.59
เครื่องนุ่งห่ม	7	7.69
การบริการส่งสินค้า	4	4.40
อุปกรณ์การเรียน	1	1.10
เครื่องสำอาง	1	1.10
สื่อความบันเทิง	2	2.20
การเงินและการธนาคาร	1	1.10
อาหารและเครื่องดื่ม	27	29.67
รวม	91	100

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าการโฆษณาประเภทอาหารและเครื่องดื่มพบมากที่สุดจำนวน 27 เท่ากับร้อยละ 29.67 รองลงมา คือ ประเภทเครื่องยนต์และยานพาหนะจำนวน 25 เท่ากับร้อยละ 27.47 ประเภทของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำนวน 17 เท่ากับร้อยละ 18.68 ประเภทของเครื่องนุ่งห่มจำนวน 7 เท่ากับร้อยละ 7.69 ประเภทของเครื่องใช้ภายในบ้านจำนวน 6 เท่ากับร้อยละ 6.59 ประเภทการบริการส่งสินค้าจำนวน 4 เท่ากับร้อยละ 4.40 ประเภทสื่อความบันเทิงจำนวน 2 เท่ากับร้อยละ 2.20 และการโฆษณาที่พบน้อยที่สุด คือ ประเภทอุปกรณ์การเรียน ประเภทเครื่องสำอาง และประเภทการเงินและการธนาคารจำนวน 1 เท่ากับร้อยละ 1.10

สรุปผลและการอภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง “ภูมิทัศน์ทางภาษาบนป้ายโฆษณาในเขตอำเภอเมืองจังหวัดยะลา” เป็นการวิจัยที่วิเคราะห์ป้ายโฆษณาต่างๆ ที่อยู่ในเขตเทศบาลนครยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา จะวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์ในการศึกษางานวิจัยฉบับนี้โดยวิเคราะห์การใช้ภาษาที่ปรากฏบนป้ายโฆษณา ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากป้ายโฆษณาทั้งหมดเป็นจำนวน 91 ป้าย ผลการวิจัยเรื่อง “ภูมิทัศน์ทางภาษาบนป้ายโฆษณาในเขตอำเภอเมืองจังหวัดยะลา” ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ภาษาที่ปรากฏบนป้ายโฆษณาในเทศบาลนครยะลานั้นมีลักษณะการใช้ภาษาโดยแบ่งตามลักษณะได้ ดังนี้

ลักษณะโครงสร้างภาษาที่ใช้บนป้ายโฆษณาในเทศบาลนครยะลา ซึ่งผู้วิจัยได้พบลักษณะภาษาบนป้ายโฆษณาในระดับต่างๆมากมาย มีทั้งระดับคำ ระดับวลี และระดับประโยค ซึ่งลักษณะภาษาระดับวลีพบมากที่สุดที่ปรากฏบนป้ายโฆษณา ส่วนลักษณะภาษาในระดับคำจะใช้ในการกล่าวชื่อสินค้า และลักษณะภาษาในระดับประโยคจะใช้ในการอธิบายลักษณะของตัวสินค้าหรืออธิบายเกี่ยวกับโปรโมชั่นของสินค้าต่างๆ ซึ่งลักษณะภาษาในระดับคำและประโยคจะระบุบนป้ายโฆษณาเป็นจำนวนน้อย เพราะส่วนใหญ่ป้ายโฆษณาในเทศบาลนครยะลามากจะใช้ลักษณะภาษาในระดับวลีเป็นส่วนมาก เนื่องด้วยภาษาในระดับวลีนั้นเป็นคำที่มารวมกันหลายๆคำ แต่ยังไม่เป็นประโยค และอีกทั้งยังอ่านเข้าใจได้ง่าย กะทัดรัดมากกว่าการใช้ประโยค เพราะผู้คนส่วนมากจะไม่ค่อยชอบในการอ่านประโยคยาวๆ ทำให้ผู้ผลิตใช้ลักษณะภาษาในระดับวลีเป็นส่วนมากในการทำป้ายโฆษณาและเป็นส่วนหนึ่งที่สามารถดึงดูดสายตาผู้บริโภคให้เกิดการตัดสินใจที่จะซื้อสินค้านั้นทันที

ลักษณะประเภทของป้ายโฆษณา ผู้วิจัยได้พบว่าป้ายโฆษณาในเทศบาลนครยะลา ซึ่งมีหลากหลายประเภทดังนี้ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องยนต์และยานพาหนะ เครื่องใช้ภายในบ้าน เครื่องนุ่งห่ม การบริการส่งสินค้า อุปกรณ์การเรียน เครื่องสำอาง สื่อความบันเทิง การเงินและการธนาคาร อาหารและเครื่องดื่ม เป็นต้น โดยลักษณะป้ายโฆษณาประเภทอาหารและเครื่องดื่มพบมากที่สุดในเทศบาลนครยะลา เพราะในเทศบาลนครยะลาเป็นสถานที่หรือแหล่งการค้าขายของพ่อค้าแม่ค้าเป็นส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นการค้าขายเครื่องยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องนุ่งห่มหรือเครื่องใช้ภายในบ้าน แต่ส่วนมากในเขตเทศบาลนครยะลาจะค้าขายเกี่ยวกับอาหารและเครื่องดื่ม จึงทำให้ผู้วิจัยพบว่าประเภทของอาหารและเครื่องดื่มบนป้ายโฆษณาในเทศบาลนครยะลาเป็นจำนวนมาก

ผลจากการวิเคราะห์การใช้ภาษาบนป้ายโฆษณาในเขตอำเภอเมือง จังหวัดยะลา และผลจากการดำเนินวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยค้นพบว่าการใช้ภาษาบนป้ายโฆษณาเพื่อสื่อสารเป็นปัจจัยหลักสำคัญในการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าต่างๆ เพราะป้ายโฆษณาเป็นแหล่งข้อมูลที่สามารถชักชวนหรือจูงใจให้ผู้บริโภคเลือกซื้อสินค้าตามที่พบเห็นในพื้นที่ต่างๆ ของเขตอำเภอเมือง จังหวัดยะลา เนื่องจากในเขตอำเภอเมือง จังหวัดยะลามีผู้ประกอบการมากมายหลายอย่างเกี่ยวกับสินค้าต่างๆ และมีการแข่งขันในการนำเสนอสินค้าหรือโปรโมชั่นสินค้า ทำให้ผู้วิจัยได้ค้นพบเกี่ยวกับการนำเสนอข้อมูลบนป้ายโฆษณาต่างๆ เพื่อโปรโมชั่นสินค้าในเขตอำเภอเมืองจังหวัดยะลา เพื่อเพิ่มความสนใจให้แก่ผู้บริโภคและให้ผู้ประกอบการสร้างผลิตภัณฑ์ตามที่ผู้บริโภคต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับ ขวลิต อริยะวิริยานันท์ (2557) ได้กล่าวไว้ว่า การโฆษณาช่วยให้การจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และจะทำหน้าที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการสร้างอุปสงค์ให้เกิดขึ้นกับผู้บริโภค เพื่อให้ผู้บริโภคไปถามหาซื้อผลิตภัณฑ์จากร้านค้า หรือเรียกร้องให้ร้านค้านำผลิตภัณฑ์นั้นไปจำหน่าย ยิ่งการโฆษณากระตุ้นลูกค้าให้เกิดความต้องการในผลิตภัณฑ์มากขึ้นเท่าใด ก็จะเป็นแรงผลักดันให้ร้านค้านำสินค้าไปสต็อกเพื่อจำหน่ายเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้การโฆษณาทางการค้ายังทำหน้าที่กระตุ้นเชิญชวนให้ผู้ค้าปลีกและผู้ค้าส่งนำสินค้าไปจำหน่ายเพิ่มขึ้นโดยตรงอีกด้วย

สรุปผลการวิจัย

การใช้ภาษาบนป้ายโฆษณาในเขตเทศบาลนครยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลานั้นมีลักษณะการใช้ตัวอักษรบนป้ายโฆษณา ซึ่งตัวอักษรและภาษาที่ใช้บนป้ายของสื่อโฆษณาในเขตเทศบาลนครยะลา มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ส่วนใหญ่ในเขตเทศบาลนครยะลาจะเป็นป้ายโฆษณาประเภทภาษาเดียว ซึ่งเป็นภาษาไทยที่พบเห็นบ่อยบนป้ายโฆษณา เนื่องจากภาษาไทยเป็นภาษาที่ใช้ในการสื่อสารของคนในพื้นที่เพื่อตอบโจทย์ผู้บริโภคได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้ผู้คนเข้าใจความหมายของภาษาที่สื่อบนป้ายโฆษณาได้อย่างดีจึงเป็นเหตุที่ป้ายโฆษณาในเขตเทศบาลนครยะลาจะใช้ภาษาไทยเป็นหลัก ส่วนภาษาอังกฤษพบในบางพื้นที่และใช้ภาษาอังกฤษผสมกับภาษาไทย คือ สองภาษา ส่วนลักษณะโครงสร้างในระดับภาษาที่ปรากฏบนป้ายโฆษณาในเทศบาลนครยะลา มีทั้งระดับคำ ระดับวลี และระดับประโยคซึ่งมีความแตกต่างกันไปบนป้ายสื่อโฆษณาอยู่ที่ผู้ผลิตหรือผู้ประกอบการต้องการออกแบบสื่อโฆษณาในรูปแบบใด ให้ถูกใจและเป็นที่น่าสนใจให้กับกลุ่มเป้าหมายโดยใช้ลักษณะโครงสร้างในระดับภาษาอาจใช้เป็นสโลแกนหรือโปรโมชัน เพื่อตอกย้ำจุดขายของสินค้าและดึงดูดลูกค้าหรือผู้บริโภคให้เกิดการตัดสินใจซื้อสินค้าได้ทันที อีกทั้งในเขตเทศบาลนครยะลายังเป็นแหล่งค้าขายขนาดใหญ่ที่มีจำนวนสินค้าประเภทต่างๆ ทั้งเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องยนต์และยานพาหนะ เครื่องใช้ภายในบ้าน เครื่องนุ่งห่ม อาหารและเครื่องดื่ม การเงินและการธนาคาร การบริการส่งสินค้า อุปกรณ์การเรียน เครื่องสำอาง สื่อความบันเทิงและอีกมากมายที่ลูกค้าหรือผู้บริโภคต้องการ จึงสรุปได้ว่าภาษาบนป้ายโฆษณามีความสำคัญอย่างมากในการโปรโมทและเพิ่มความสนใจกับสินค้าที่นำเสนอออกไปได้เป็นอย่างดี เพราะป้ายสื่อโฆษณาคือแหล่งข้อมูลประเภทหนึ่งที่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับตัวสินค้าและแนะนำสินค้าที่สามารถเข้าถึงกลุ่มคนได้มากที่สุดในปัจจุบัน

อ้างอิง

- จรรยา เสียงเย็น. (2558). ภูมิทัศน์ทางภาษาจากป้ายโฆษณาในเขตอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี. วารสารพื้นที่ถิ่นโขง ชี มูล คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 1(2), 14-36.
- ชวลิต อริยะวิริยานันท์. (2557). อิทธิพลของสื่อโฆษณาที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสิ่งหริมทรัพย์ประเภทที่อยู่อาศัย. รายงานการศึกษาอิสระหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 1-92.
- ฉันทภูษา สาริกบุตร. (2558). การวิเคราะห์เนื้อหาป้ายโฆษณาบนถนนริมทางเท้าส่งผลต่อการรับรู้และการจดจำของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. รายงานการศึกษาอิสระหลักสูตรบริหารธุรกิจ มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, 1-59.
- เสนาะ ตีเยาว์. (2541). การสื่อสารในองค์กร (4). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- Gorter, D. (Ed.) (2006). Linguistic landscape: A new approach to multilingualism. Clevedon, UK: Multilingual Matters.
- Landry, R., & Bourhis, R. (1997). Linguistic landscape and ethnolinguistic vitality: an empirical study, Journal of language and Social Psychology, 16 (1), 23-49.

การศึกษาสภาพและปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่

กองถ่ายละครโทรทัศน์ กรณีศึกษาเขตกรุงเทพมหานคร

ไกวล์ยา เพชรไพรินทร์^{1*} เจษณี บุตรดำ²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อ (1) ศึกษาสภาพการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ กองถ่ายละครโทรทัศน์ (2) ศึกษาปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟในกองถ่ายละครโทรทัศน์ 5 ด้าน คือ ด้านการให้บริการอย่างเสมอภาค ด้านการให้บริการที่ตรงเวลา ด้านการให้บริการอย่างเพียงพอ ด้านการให้บริการอย่างต่อเนื่อง และด้านการให้บริการอย่างก้าวหน้า และ (3) เปรียบเทียบสภาพและปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ กองถ่ายละครโทรทัศน์ ที่มี เพศ อายุ ระดับการศึกษา และตำแหน่งงานที่ต่างกัน เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง คือ บุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ตามตำแหน่งงานในกองถ่ายละครโทรทัศน์ จำนวน 420 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบโดยใช้สถิติ (t-test) และสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และทดสอบเปรียบเทียบรายคู่ โดยใช้วิธีของ LSD

ผลการศึกษาพบว่า

1) บุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่กองถ่ายละครโทรทัศน์ มีสภาพและปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่กองถ่ายละครโทรทัศน์ กรณีศึกษาเขตกรุงเทพมหานคร โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

2) ผลการเปรียบเทียบสภาพการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ กองถ่ายละครโทรทัศน์ เขตกรุงเทพมหานคร พบว่า บุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่เพศต่างกัน มีสภาพการใช้บริการอุปกรณ์ไฟกองถ่ายละครโทรทัศน์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ อายุ ระดับการศึกษา และตำแหน่งงานต่างกัน มีสภาพการใช้บริการอุปกรณ์ไฟกองถ่ายละครโทรทัศน์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3) ผลการเปรียบเทียบปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่กองถ่ายละครโทรทัศน์ เขตกรุงเทพมหานคร พบว่า บุคลากรที่มีเพศแตกต่างกัน มีปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟกองถ่ายละครโทรทัศน์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อายุ และตำแหน่งงานแตกต่างกัน มีปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟกองถ่ายละครโทรทัศน์ ด้านการให้บริการอย่างเสมอภาค ด้านการให้บริการที่ตรงเวลา ด้านการให้บริการอย่างเพียงพอ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

การศึกษาต่างกัน มีปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟกองถ่ายละครโทรทัศน์ ด้านการให้บริการที่ตรงเวลา และด้านการให้บริการอย่างต่อเนื่อง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ : สภาพและปัญหา, การใช้บริการ, อุปกรณ์ไฟ, กองถ่ายละครโทรทัศน์

¹ นักศึกษาปริญญาโท, หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต คณะพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 10240

² ดร., คณะพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 10240

¹ Graduate Student., Master of Arts Program in Human Resource Development Ramkhamhaeng University, 10240 Thailand

² Dr., Faculty of Human Resource Development Ramkhamhaeng University 10240 Thailand

*Corresponding author: Tel: 062-494-9092 E-mail address: 6414480008@rmail.ru.ac.th

A Study of Conditions and Problems in the use of Lighting Equipment Services by Personnel Working on Television Drama sets Case Study in Bangkok

Kaiwanlaya Pecthpairin^{1*} Chetsanee Butdam²

Abstract

The objectives of this research were (1) to study the use of light equipment services on TV drama sets, (2) to study the problems of using light equipment services on TV drama sets including 5 aspects equitable service, timely service, ample service, continuous service, progressive service, and (3) to compare the conditions and problems of using light equipment services on television drama sets. TV drama filming set with gender, age, education level and different job positions. The sample group in this research consisted of personnel performing their duties in the TV drama filming set, namely the management department. Operations and service department of 420 people. Data were analyzed by frequency, percentage, mean, standard deviation, t-test and one-way ANOVA with LSD method.

The research result showed that

1) Personnel performing duties on the television drama filming set There are conditions and problems in the use of light equipment service by the personnel working on the television drama filming set. case study in Bangkok Overall, it was at a high level.

2) Result of comparison of the condition of using fire equipment service of personnel on duty TV series filming team Bangkok, it was found that the working personnel of different genders There is a condition of using the lighting equipment on the TV drama set. There was no significant difference at the 0.05 level. As for personnel on duty, age, level of education and different job positions There is a condition of using the lighting equipment on the TV drama set. The difference was statistically significant at the 0.05 level.

3) Comparative results of problems in the use of light equipment service by personnel working on TV drama filming sets Bangkok found that personnel with different genders. There was a problem with the use of lighting equipment on the TV drama set. There was no significant difference at the 0.05 level.

Age and job position are different, there was a problem with the use of lighting equipment on the TV drama set. Equal service on-time service in terms of providing adequate services The difference was statistically significant at the 0.05 level. As for the education are different there was a problem with the use of lighting equipment on the TV drama set, on-time service and continuous service the difference was statistically significant at the 0.05 level.

Keywords: conditions and problems, service use, lighting equipment, television drama sets

บทนำ

ละครโทรทัศน์เป็นรูปแบบความบันเทิงทางโทรทัศน์แขนงหนึ่งที่อยู่คู่กับสังคมไทยมานาน โดยเริ่มออกอากาศนับตั้งแต่มีสถานีโทรทัศน์ขึ้นในประเทศไทยปี พ.ศ.2498 จนถึงปัจจุบันในยุคแรกเริ่มของละครโทรทัศน์เป็นการนำการแสดงในรูปแบบละครเวทีที่เคยได้รับความนิยมมาแสดงสดในโทรทัศน์โดยนำเรื่องราวมาจากละครเสภา, ละครอิงประวัติศาสตร์ หรือละครพูดพระราชานิพนธ์รัชกาลที่ 6 หลังจากที่ประเทศไทยเปิดสถานีช่อง 4 บางขุนพรหม ซึ่งเป็นสถานีโทรทัศน์แห่งแรก หลังจากนั้น 2 เดือนจึงมีละครโทรทัศน์เรื่องแรก คือ เรื่อง สุริยานีไม่ยอมแต่งงาน ของนายรำคาญ (ประหยัด ศ. นาคะนาท) นำแสดงโดย หม่อมราชวงศ์ ถนงค์ศรี สวัสดิวัฒน์ , โชติ สโมสร และ นวลละออ ทองเนื้อดี ออกอากาศเมื่อวันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2499 ละครโทรทัศน์ในยุคนี้เป็นการแสดงสด

ยุคเฟื่องฟูของละครโทรทัศน์เกิดจากที่นักแสดงละครเวทีเริ่มเข้ามาในวงการโทรทัศน์มากขึ้น จึงทำให้มีคณะละครโทรทัศน์เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ โดยมีการนำเรื่องราวจากละครเวทีภาพยนตร์ และเรื่องราวที่แต่งขึ้นใหม่มาใช้เป็นบทละครโทรทัศน์โดยแข่งขันกันผลิตละครเพื่อออกอากาศ (สินิยา ไกรวิมล, 2545, หน้า 2) และสภาพการแข่งขันของละครโทรทัศน์ในปัจจุบัน สุภาพรธรรม ธนกิจจำรูญ, เปรมใจ ทิพย์เจริญ และพรรณวรินทร์ ศรีสวัสดิ์ (2545) กล่าวว่า ในปัจจุบันการผลิตละครโทรทัศน์เป็นแบบหวังผลทางธุรกิจมากขึ้นกว่าเดิม การผลิตละครโทรทัศน์นั้นเป็นตลาดที่มีผู้ผลิตหลากหลายบริษัทบางรายผลิตละครโทรทัศน์ให้กับหลายสถานี ปัจจุบันมีผู้ผลิตละครโทรทัศน์ในแต่ละช่องเป็นจำนวนมาก บุคลากรในกองถ่ายละครโทรทัศน์นั้นมีบทบาทและหน้าที่หลายบทบาท (สันธิฐิตา นุชพิทักษ์, 2552) ดังนั้นความต้องการในทีมสร้างของฝ่ายผลิตละครโทรทัศน์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เช่น ทีมโปรดักชันในตำแหน่งต่าง ๆ มีหน้าที่และความสำคัญที่เข้ามาช่วยขับเคลื่อนการทำงานในด้านผลิตละครโทรทัศน์อุตสาหกรรมสื่อบันเทิงเป็นหนึ่งในสาขาอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ที่รัฐบาลไทยเล็งเห็นศักยภาพจึงมีการส่งเสริมการผลิตละครโทรทัศน์ ซึ่งปัจจุบันได้มีบริษัทหรือองค์กรที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของดารานักแสดง ไม่ว่าจะเป็นผู้กำกับการแสดง ผู้ช่วยผู้กำกับแสดง ทีมกล้องและผู้ช่วย ทีมไฟ ช่างแสง ทีมศิลปกรรม ผู้จัดการกองถ่าย ประสานงานธุรกิจกองถ่าย การเงินกองถ่าย ธุรกิจสถานที่ ทีมเครื่องแต่งกาย ช่างแต่งหน้า ช่างทำผม ทีมควบคุมการติดต่อและต่อเนื่อง ทีมสวัสดิการและอื่น ๆ อีกมากที่มาร่วมกันสร้างสรรค์ผลงานละครกองถ่ายละครโทรทัศน์

ด้วยยุคปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับการผลิตละครโทรทัศน์จากเดิมไปมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตละครที่ต้องให้ความสำคัญกับอุปกรณ์ไฟ ที่ช่วยเพิ่มคุณภาพของการผลิตให้มีความสวยงาม ชัดเจน ประกอบกับการแข่งขันของธุรกิจการผลิตสื่อละครโทรทัศน์ทั้งในและต่างประเทศมีเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ผู้ผลิตละครโทรทัศน์ให้ความสำคัญกับอุปกรณ์ไฟที่นำมาใช้ในกองถ่ายละครเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งผู้ที่ปฏิบัติหน้าที่ที่เกี่ยวข้องจะต้องมีความเชี่ยวชาญในการใช้อุปกรณ์ เพื่อให้ผู้รับบริการพึงพอใจในการใช้บริการ

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาสภาพและปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่กองถ่ายละครโทรทัศน์ รวมถึงความพึงพอใจและความต้องการที่ได้ใช้บริการ เพื่อนำข้อมูลที่ได้รับมาปรับปรุงเป็นแนวทางพัฒนาและวางแผนการบริหารจัดการในการทำงานขององค์กรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและเพื่อให้องค์กรก้าวหน้ามีผู้มาใช้บริการในครั้งต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาสภาพการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ กองถ่ายละครโทรทัศน์
2. เพื่อศึกษาปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ กองถ่ายละครโทรทัศน์ 5 ด้าน คือ ด้านการให้บริการอย่างเสมอภาค ด้านการให้บริการที่ตรงเวลา ด้านการให้บริการอย่างเพียงพอ ด้านการให้บริการอย่างต่อเนื่อง และด้านการให้บริการอย่างก้าวหน้า

3. เพื่อเปรียบเทียบสภาพและปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ กองถ่ายละครโทรทัศน์ ที่มีเพศ อายุ ระดับการศึกษาและตำแหน่งงานที่ต่างกัน

ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษานี้ผู้ศึกษาได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ บุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ตามตำแหน่งงานในกองถ่ายละครโทรทัศน์
2. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ บุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ตามตำแหน่งงานในกองถ่ายละครโทรทัศน์ สุ่มตัวอย่างแบบไม่สามารถระบุจำนวนได้ ไม่ทราบจำนวนประชากร กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน แต่การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 420 คน (ความคลาดเคลื่อนที่ได้จะน้อยกว่าปกติ)

3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

3.1. ตัวแปรต้น คือ บุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ตามตำแหน่งงานในกองถ่ายละครโทรทัศน์โดยแบ่งออกเป็น

3.1.1. ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา และตำแหน่งงาน

3.2. ตัวแปรตาม คือ

3.2.1 สภาพการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ กองถ่ายละครโทรทัศน์

3.2.2 ปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ กองถ่ายละครโทรทัศน์ แบ่งออกเป็น 5 ด้าน คือ ด้านการให้บริการอย่างเสมอภาค ด้านการให้บริการที่ตรงเวลา ด้านการให้บริการอย่างเพียงพอ ด้านการให้บริการอย่างต่อเนื่อง และด้านการให้บริการอย่างก้าวหน้า

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ผู้ให้บริการทราบถึงสภาพและปัญหาของผู้รับบริการ
2. ได้ทราบถึงความพึงพอใจและความต้องการของผู้รับบริการที่มีต่อผู้ให้บริการ
3. สามารถนำไปวางแผนพัฒนาการบริการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รวมถึงอุปกรณ์ใช้งานให้มีความทันสมัย และมีความคล่องตัวในการทำงานของผู้ให้บริการ
4. เป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบการบริการ และเพิ่มเติมอุปกรณ์ที่ทันสมัยอย่างสม่ำเสมอในการทำงาน ให้สอดคล้องกับความพึงพอใจและความต้องการของผู้รับบริการได้อย่างหลากหลายมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ โดยมีกลุ่มตัวอย่าง คือ บุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่กองถ่ายละครโทรทัศน์ เขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 420 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคล ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับสภาพการใช้บริการอุปกรณ์ไฟในกองถ่ายละครโทรทัศน์ของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ตามตำแหน่งงานในกองถ่ายละครโทรทัศน์ เขตกรุงเทพมหานคร และตอนที่ 3 แบบสอบถามความพึงพอใจเกี่ยวกับปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟในกองถ่ายละครโทรทัศน์ของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ตามตำแหน่งงานในกองถ่ายละครโทรทัศน์ เขตกรุงเทพมหานคร แบ่งออกเป็น 5 ด้าน โดยลักษณะข้อคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด ผ่านการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือมีความเชื่อมั่น เท่ากับ .978

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ใช้สถิติค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ย ได้แก่ 4.50 - 5.00 มีการใช้บริการมากที่สุด 3.50 - 4.49 มีการใช้บริการมาก 2.50 - 3.49 มีการใช้บริการปานกลาง 1.50 - 2.49 มีการใช้บริการน้อย และ 1.00 - 1.49 มีการใช้บริการน้อยที่สุด สำหรับการทดสอบด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) และเปรียบเทียบแบบรายคู่โดยใช้วิธีของ LSD (least significant difference)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยการศึกษาสภาพและปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ กองถ่ายละครโทรทัศน์ ภาควิชาศึกษาศาสตร์ กรุงเทพมหานคร มีดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 61.00 มีอายุระหว่าง 20-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 33.80 มีระดับการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 48.30 อยู่ในตำแหน่งงานฝ่ายปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 43.80

2. สภาพการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ กองถ่ายละครโทรทัศน์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.43$, $SD. = 0.49$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ 1) ผู้ให้บริการมีความซื่อสัตย์สุจริตในการปฏิบัติงาน ($\bar{X} = 4.62$, $SD. = 0.64$) 2) ผู้ให้บริการอำนวยความสะดวกการบริการในแต่ละขั้นตอน ($\bar{X} = 4.54$, $SD. = 0.65$) และ 3) ผู้ให้บริการมีบุคลิกลักษณะท่าทางพร้อมให้บริการ ($\bar{X} = 4.53$, $SD. = 0.70$) ตามลำดับ

3. ปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ กองถ่ายละครโทรทัศน์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากทุกด้าน ($\bar{x} = 4.38$, $SD. = 0.52$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ด้านการให้บริการอย่างเสมอภาค ($\bar{x} = 4.40$, $SD. = 0.57$) ด้านการให้บริการที่ตรงเวลา ($\bar{x} = 4.40$, $SD. = 0.55$) ด้านการให้บริการอย่างต่อเนื่อง ($\bar{x} = 4.39$, $SD. = 0.55$) ด้านการให้บริการอย่างก้าวหน้า ($\bar{x} = 4.38$, $SD. = 0.58$) และด้านการให้บริการอย่างเพียงพอ ($\bar{x} = 4.36$, $SD. = 0.60$) เมื่อพิจารณาแต่ละด้านเป็นรายข้อ ปรากฏผลดังนี้

3.1 ด้านการให้บริการอย่างเสมอภาค โดยภาพรวมมีระดับปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของกองถ่ายละครโทรทัศน์ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.40$, $SD. = 0.57$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าอยู่ในระดับมากทุกข้อ เรียงลำดับได้แก่ (1) การให้บริการด้วยการเอาใจใส่ผู้รับบริการอย่างเท่าเทียมกัน ($\bar{x} = 4.46$, $SD. = 0.69$) รองลงมา (2) การให้บริการมีความสม่ำเสมอกับผู้รับบริการอย่างเท่าเทียมกัน ($\bar{x} = 4.44$, $SD. = 0.71$) (3) ผู้ให้บริการ บริการโดยใช้คำสุภาพ ชัดเจนและเข้าใจง่าย ($\bar{x} = 4.44$, $SD. = 0.71$) (4) การให้บริการโดยมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีกับผู้รับบริการทุกคนอย่างเท่าเทียมกัน ($\bar{x} = 4.44$, $SD. = 0.68$) (5) ผู้ให้บริการได้จัดการบริการกับผู้รับบริการทุกคนอย่างเท่าเทียมกัน ($\bar{x} = 4.38$, $SD. = 0.71$) (6) โดยรวมของการให้บริการปฏิบัติกับผู้รับบริการทุกคนอย่างเสมอภาค ($\bar{x} = 4.35$, $SD. = 0.74$) และ (7) ผู้ให้บริการได้จัดการบริการตามลำดับ ก่อน-หลัง แก่ผู้รับบริการเสมอ ($\bar{x} = 4.31$, $SD. = 0.72$) ตามลำดับ

3.2 ด้านการให้บริการที่ตรงเวลา โดยภาพรวมมีระดับปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟของกองถ่ายละครโทรทัศน์ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.40$, $SD. = 0.55$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าในระดับมากทุกข้อ เรียงลำดับได้แก่ (1) การให้บริการมีการเตรียมความพร้อมก่อนเวลาเริ่มปฏิบัติงาน ($\bar{x} = 4.43$, $SD. = 0.69$) รองลงมา (2) ผู้ให้บริการมีการนัดหมายให้บริการกับผู้รับบริการล่วงหน้าก่อนปฏิบัติงานทุกครั้ง ($\bar{x} = 4.41$, $SD. = 0.71$) (3) โดยรวมของการให้บริการเป็นไปอย่างตรงเวลา ($\bar{x} = 4.41$, $SD. = 0.71$) (4) การให้บริการติดตั้งอุปกรณ์ไฟในการถ่ายทำละครโทรทัศน์ตรงตามกำหนดเวลาที่วางไว้ ($\bar{x} = 4.41$, $SD. = 0.69$) (5) การให้บริการเป็นไปตามลำดับการของสั่งงาน ก่อน-หลัง ($\bar{x} = 4.39$, $SD. = 0.69$) (6) ระยะเวลาการให้บริการในขั้นตอนต่าง ๆ มีความเหมาะสมตรงต่อความต้องการ ($\bar{x} = 4.38$, $SD. = 0.72$) และ (7) ผู้ให้บริการให้การบริการเป็นไปตามกำหนดเวลา ($\bar{x} = 4.36$, $SD. = 0.69$) ตามลำดับ

3.3 ด้านการให้บริการอย่างเพียงพอ โดยภาพรวมมีระดับปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละครโทรทัศน์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.40$, $SD. = 0.55$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าอยู่ในระดับมากทุกข้อ เรียงลำดับได้แก่ (1) ผู้ให้บริการ มีจำนวนเพียงพอ และมีการเตรียมพร้อมโดยเฉพาะบริการเร่งด่วน ($\bar{x} = 4.41$, $SD. = 0.76$) รองลงมา (2) อุปกรณ์ที่ใช้มี เพียงพอในการให้บริการ ($\bar{x} = 4.39$, $SD. = 0.72$) (3) อุปกรณ์ที่ใช้มีความพร้อมในการให้บริการ ($\bar{x} = 4.41$, $SD. = 0.69$) (4) ผู้ ให้บริการมีช่องทางรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะการให้บริการ ($\bar{x} = 4.37$, $SD. = 0.71$) (5) อุปกรณ์ที่ใช้สามารถอำนวยความสะดวกในการให้บริการอย่างเพียงพอ ($\bar{x} = 4.36$, $SD. = 0.74$) (6) โดยรวมของการให้บริการมีการบริการอุปกรณ์และผู้ ให้บริการที่ใช้งานอย่างเพียงพอ ($\bar{x} = 4.33$, $SD. = 0.76$) และ (7) อุปกรณ์ที่ใช้มีความทันสมัยในการให้บริการ ($\bar{x} = 4.30$, $SD. = 0.77$) ตามลำดับ

3.4 ด้านการให้บริการอย่างต่อเนื่อง โดยภาพรวมมีระดับปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละครโทรทัศน์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.39$, $SD. = 0.55$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าอยู่ในระดับมากทุกข้อ เรียงลำดับได้แก่ (1) ผู้ให้บริการ ติดตามแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนเสร็จสิ้น ($\bar{x} = 4.41$, $SD. = 0.72$) รองลงมา (2) อุปกรณ์ที่ใช้มีความพร้อมในการ ให้บริการ ($\bar{x} = 4.39$, $SD. = 0.72$) (3) ผู้ให้บริการมีความกระตือรือร้นในการบริการอย่างต่อเนื่อง ($\bar{x} = 4.39$, $SD. = 0.71$) (4) ผู้ให้บริการคำนึงถึงผลประโยชน์ของผู้รับบริการเป็นสำคัญ ($\bar{x} = 4.39$, $SD. = 0.70$) (5) ผู้ให้บริการมีความพร้อมในการให้ คำปรึกษาและแก้ปัญหาอย่างถูกต้องเหมาะสมไม่เกิดปัญหาซ้ำซ้อน ($\bar{x} = 4.37$, $SD. = 0.72$) (6) ผู้ให้บริการสามารถจดจำ ข้อมูลต่าง ๆ ของผู้รับบริการได้เป็นอย่างดี ($\bar{x} = 4.37$, $SD. = 0.68$) และ (7) โดยรวมผู้ให้บริการมีการให้บริการอย่างต่อเนื่อง และสิ้นไหล ($\bar{x} = 4.37$, $SD. = 0.71$) ตามลำดับ

3.5 ด้านการให้บริการอย่างก้าวหน้า โดยภาพรวมมีระดับปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละครโทรทัศน์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.38$, $SD. = 0.58$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทุกข้อ เรียงลำดับได้แก่ (1) ผู้ให้บริการมีการสอบถามความต้องการ แก่ผู้รับบริการเพื่อทราบถึงความต้องการในการใช้บริการครั้งถัดไป ($\bar{x} = 4.47$, $SD. = 0.72$) รองลงมา (2) โดยรวมของการให้บริการมีการพัฒนาทักษะการให้บริการอย่างก้าวหน้า ($\bar{x} = 4.43$, $SD. = 0.68$) (3) ผู้ให้บริการมีการให้ความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟและแนะนำเทคนิคการใช้งานให้เหมาะสมกับเนื้องานมากยิ่งขึ้นแก่ผู้รับบริการ ($\bar{x} = 4.39$, $SD. = 0.71$) (4) ผู้ให้บริการมีการพัฒนาทักษะ และเพิ่มพูน ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานด้าน อุปกรณ์ไฟให้มีความเชี่ยวชาญยิ่งขึ้น ($\bar{x} = 4.37$, $SD. = 0.71$) (5) ผู้ให้บริการมีการนำเทคนิคใหม่ ๆ มาใช้ในการปฏิบัติงาน เพื่อให้งานออกมามีดีขึ้น ($\bar{x} = 4.35$, $SD. = 0.78$) (6) ได้มีการนำ คำแนะนำของผู้รับบริการไปพัฒนาบริการหลักมาให้ผู้รับบริการ ใช้งาน ($\bar{x} = 4.35$, $SD. = 0.74$) (7) ผู้ให้บริการมีการนำอุปกรณ์เสริมนอกจากบริการหลักมาให้ผู้รับบริการใช้งาน ($\bar{x} = 4.27$, $SD. = 0.77$) ตามลำดับ

4. การเปรียบเทียบสภาพการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละครโทรทัศน์ ของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ตามตำแหน่ง งานในกองถ่ายละครโทรทัศน์ จำแนกตาม เพศ อายุ ระดับการศึกษา และตำแหน่งงาน แตกต่างกัน พบว่าบุคลากรผู้ปฏิบัติ หน้าที่เพศต่างกัน มีสภาพการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละครโทรทัศน์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ อายุ ระดับการศึกษา และตำแหน่งงานต่างกัน มีสภาพการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละคร โทรทัศน์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. การเปรียบเทียบปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละครโทรทัศน์ ของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ตามตำแหน่ง งานในกองถ่ายละครโทรทัศน์ จำแนกตาม เพศ อายุ ระดับการศึกษา และตำแหน่งงาน แตกต่างกัน พบว่า

5.1 บุคลากรที่มีเพศแตกต่างกัน มีปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละครโทรทัศน์ ด้านการให้บริการอย่าง เสมอภาค ด้านการให้บริการที่ตรงเวลา ด้านการให้บริการอย่างเพียงพอ ด้านการให้บริการอย่างต่อเนื่อง และด้านการ ให้บริการอย่างก้าวหน้า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.2 บุคลากรที่มีอายุแตกต่างกัน มีปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละครโทรทัศน์ ด้านการให้บริการอย่างเสมอภาค ด้านการให้บริการที่ตรงเวลา ด้านการให้บริการอย่างเพียงพอ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนด้านอื่นๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.3 บุคลากรที่มีระดับการศึกษาต่างกัน มีปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละครโทรทัศน์ ด้านการให้บริการที่ตรงเวลา และด้านการให้บริการอย่างต่อเนื่อง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนด้านอื่น ๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.4 บุคลากรที่มีตำแหน่งงานแตกต่างกัน มีปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละครโทรทัศน์ ด้านการให้บริการอย่างเสมอภาค ด้านการให้บริการที่ตรงเวลา ด้านการให้บริการอย่างเพียงพอ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนด้านอื่น ๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สรุปผลการวิจัย

1. บุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ตามตำแหน่งงานในกองถ่ายละครโทรทัศน์ มีสภาพและปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละครโทรทัศน์ เขตกรุงเทพมหานคร โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

2. ผลการเปรียบเทียบสภาพการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ กองถ่ายละครโทรทัศน์ เขตกรุงเทพมหานคร พบว่า บุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่เพศต่างกัน มีสภาพการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละครโทรทัศน์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ อายุ ระดับการศึกษา และตำแหน่งงานต่างกันมีสภาพการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละครโทรทัศน์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. ผลการเปรียบเทียบปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองของบุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่กองถ่ายละครโทรทัศน์ เขตกรุงเทพมหานคร พบว่า บุคลากรที่มีเพศแตกต่างกัน มีปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละครโทรทัศน์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อายุ และตำแหน่งแตกต่างกัน มีปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละครโทรทัศน์ ด้านการให้บริการอย่างเสมอภาค ด้านการให้บริการที่ตรงเวลา ด้านการให้บริการอย่างเพียงพอ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ระดับการศึกษาต่างกัน มีปัญหาการใช้บริการอุปกรณ์ไฟฟืองถ่ายละครโทรทัศน์ ด้านการให้บริการที่ตรงเวลา และด้านการให้บริการอย่างต่อเนื่อง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาอิสระฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร.เจษณี บุตรดำ กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้สละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษาและแนะนำตลอดจนตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการศึกษาอิสระฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ลุล่วงได้ด้วยดีผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สันฐิตา นุชพิทักษ์. (2552). *ความร้ายกาจของตัวละครในละครโทรทัศน์ไทย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] สีนียา ไกรวิมล. (2545). *ลักษณะของบทละครโทรทัศน์ไทยที่ได้รับความนิยมช่วงหลังข่าวจากปี พ.ศ.2535-2544*. วิทยานิพนธ์นิเทศศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[3] สุภาพพรรณ ธนกิจจำรูญ เปรมใจ ทิพย์เจริญ และพรรณวรินทร์ ศรีสวัสดิ์. (2545). *โครงการจัดตั้งบริษัทผลิตละครโทรทัศน์ กรุงเทพมหานคร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, วิทยาลัยนวัตกรรมการอุดมศึกษา*

“เสียชีวิตเวลาสี่ทุ่มห้าสิบห้านาที”: อาชญากรรมกับการดัดแปลงใน *ทริอาช*

ธงชัย แซ่เจี่ย^{1*}

บทคัดย่อ

ละครแนวการแพทย์เป็นละครที่เหตุการณ์เกิดขึ้นในโรงพยาบาลเป็นหลัก และเหตุการณ์นั้นสัมพันธ์กับตัวละครเอก ซึ่งเป็นบุคลากรทางการแพทย์ *ทริอาช* เป็นละครแนวการแพทย์ที่ดัดแปลงมาจากนวนิยายชื่อเดียวกัน แม้ตัวบททั้งสองจะนำเสนอความสัมพันธ์ของตัวละครชายรักชายตามขนบของบันเทิงคดียาโออิ แต่ความโดดเด่นที่ปรากฏในการดัดแปลงจากฉบับนวนิยายเป็นฉบับละคร ก็คืออาชญากรรมที่ปรากฏเฉพาะในฉบับละคร บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์อาชญากรรมที่ปรากฏในการดัดแปลง *ทริอาช* ฉบับนวนิยายเป็นฉบับละคร โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ตัวบทและนำเสนอผลการศึกษาแบบพรรณนาวิเคราะห์ ผลการศึกษาพบว่า การดัดแปลง *ทริอาช* จากฉบับนวนิยายเป็นฉบับละครโดยเพิ่มตัวละครและความขัดแย้งระหว่างตัวละครส่งผลต่อการนำเสนออาชญากรรมการค้าอวัยวะมนุษย์ในโรงพยาบาลที่เป็นฉากท้องเรื่อง ขณะเดียวกัน อาชญากรรมดังกล่าวส่งผลต่อการพัฒนาความสัมพันธ์ของตัวละครเอกตามลักษณะของบันเทิงคดียาโออิซึ่งอิงอยู่กับโครงสร้างของนวนิยายโรมานซ์ นอกจากนี้ การที่อาชญากรรมซึ่งนำเสนออยู่ใน *ทริอาช* ฉบับละครเป็นอาชญากรรมที่ไม่คลี่คลายสอดคล้องกับลักษณะของบันเทิงคดีได้ชนบสืบสวนสอบสวน ทำให้ฉบับละครสื่อนัยวิพากษ์อำนาจมืดที่ครอบงำบุคลากรทางการแพทย์อีกทางหนึ่งด้วย

คำสำคัญ: อาชญากรรม การดัดแปลง ละครแนวการแพทย์

¹ อาจารย์, สาขาวิชาภาษาไทยเพื่ออาชีพ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000

¹ Lecturer, Department of Thai for Career, Faculty of Humanities and Social Sciences, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom, Thailand, 73000

* Corresponding Author: E-mail: thongchia@webmail.npru.ac.th

“Time of Death: 10:55 p.m.”: Crime and Adaptation in *Triage*

Thongchia Sae-Chia^{1*}

Abstract

Medical drama is defined as drama in which the majority of the action takes place in a hospital and the characters, who are typically medical professionals, may participate in those events. The Thai medical drama *Triage* is based on the book of the same name. Both of the aforementioned texts feature sexual relationships between the male protagonists, but the adaptation's standout feature is crime in the drama version. This article's goal is to examine how *Triage*'s criminal adaption from the novel to the play was handled through textual analysis and presentation of descriptive analytics. As a result, the representation of organ trafficking at the hospital came about as a result of adapting *Triage* from a novel to a drama by extending the characters and their struggles. The crime-related effects on the progress of the characters' romantic relationship, meanwhile, are consistent with Yaoi fiction, which is based on the romance novel's structure. Additionally, the dramatization of the unsolved crime, which is consistent with the trope of anti-detective fiction, serves as a critique of the dark influence that also overpowered the physicians.

Keywords: Crime, Adaptation, Medical drama

บทนำ

ละครแนวการแพทย์ (Medical Drama) หมายถึง ละครที่เหตุการณ์ภายในเรื่องเกิดขึ้นในโรงพยาบาลเป็นหลัก และเหตุการณ์เหล่านั้นสัมพันธ์กับการพัฒนาเรื่องราวของตัวละครสำคัญซึ่งมักเป็นแพทย์ พยาบาล แพทย์ฝึกหัด หรือผู้ป่วย นอกจากนี้ ละครแนวการแพทย์ยังหมายถึงประเภทของละครที่นำเสนอเรื่องราวที่ตัวละครสำคัญเข้าไปมีส่วนร่วมกับปฏิบัติการทางการแพทย์ สัมพันธภาพเชิงวิชาชีพ หรือเหตุการณ์เร้าอารมณ์ (Rocchi, 2019, p. 71) ละครแนวนี้ได้รับความนิยมในหลายประเทศ เช่นเรื่อง *The Good Doctor* ของสหรัฐอเมริกา เรื่อง *Hospital Playlist* ของเกาหลีใต้ ในประเทศไทยก็มีละครแนวนี้เช่นกัน เช่นเรื่อง *I See You พยาบาลพิเศษ เคลสพิศวง* เรื่อง *Med in Love รักเธอคุณหมอฝึกหัด* เรื่อง *My Ambulance รักฉุกเฉินนายฉุกเฉิน* เป็นต้น เรื่องราวในละครแนวการแพทย์ของไทยที่กล่าวถึงข้างต้นนั้นมีจุดเน้นร่วมกันอยู่ที่การนำเสนอสัมพันธ์ของตัวละครซึ่งเป็นบุคลากรทางการแพทย์กับตัวละครอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ละครแนวการแพทย์ของไทยเรื่องหนึ่งที่แตกต่างกันจากละครที่กล่าวถึงข้างต้น คือเรื่อง *ทริอาช*

ทริอาช เป็นละครแนวการแพทย์ที่ดัดแปลงมาจากนวนิยายชื่อเรื่องเดียวกัน ผลงานของ แซมมอน (Sammon) ซึ่งเป็นนามปากกาของแพทย์หญิงอิสริยา ศิริวรรณกุลธร นวนิยายเรื่องนี้ได้รับการตีพิมพ์ครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2560 และพิมพ์ครั้งที่ 4 เมื่อ พ.ศ. 2565 ฉบับนวนิยายนำเสนอเรื่องราวของนายแพทย์ติณห์ สุขประเสริฐ หรือหมอติณห์ แพทย์ประจำบ้านเวชศาสตร์ฉุกเฉิน (Emergency Medicine Residency) ปี 3 ในโรงพยาบาล วันหนึ่งเขาต้องช่วยชีวิตเอกรินทร์หรือต้อล ซึ่งประสบอุบัติเหตุทางรถยนต์ แต่ทว่าไม่สามารถยื้อชีวิตเอาไว้ได้ เมื่อหมอติณห์ผล็อยหลับไปและตื่นขึ้นมาอีกครั้ง เหตุการณ์ทุกอย่างในวันใหม่ดำเนินไปเหมือนกับวันที่เขาต้องรักษาต้อลแต่ไม่สำเร็จ หมอติณห์ได้ข้อสรุปว่าเขากำลังติดอยู่ใน “วงวน” (Loop) ที่ไม่มีจุดสิ้นสุด ทางเดียวที่จะออกจากวงวนนี้ได้ คือต้องช่วยชีวิตต้อลให้ได้ ในการเข้าสู่วงวนแต่ละครั้งทำให้หมอติณห์ได้รับข้อมูลใหม่ ๆ เกี่ยวกับชีวิตของต้อลมากขึ้น กระทั่งค้นพบว่า วิธีการที่จะช่วยชีวิตต้อลเอาไว้ได้ คือต้องไม่ให้เขาได้เป็นแฟนกับใหม่เพื่อไม่ให้ต้อลกับฮาร์ตซึ่งเป็นคนรักของใหม่ทะเลาะกัน ดังความว่า

สิ่งที่สว่างชัดในหัวของผมตอนนี้คือคำตอบของคำถามที่ว่าอะไรคือกุญแจที่จะทำให้ต้อลรอดชีวิต ไม่ใช่เพราะผม ไม่ใช่เพราะน้องใหม่ หรือไอฮาร์ต หากแต่เป็นตัวของตัวเองต่างหาก แค่เพียงต้อลไม่ต้องตั้งใจจะขอใหม่เป็นแฟน สถานการณ์ที่เลวร้ายระหว่างใหม่กับแฟนเก่าก็จะดีขึ้นด้วยตัวเองอยู่แล้ว การที่ต้อลไปแทรกแซงทำให้แฟนเก่าของใหม่โมโห ตามมาซึ่งเหตุการณ์เลวร้ายต่าง ๆ นานาที่ต้อลกับผมเคยพบเจอมา

(แซมมอน, 2565, น. 221)

ส่วน *ทริอาช* ฉบับละครชุดผลิตโดยความร่วมมือระหว่างบริษัท ทีวีอินเตอร์ จำกัด (มหาชน) และบริษัท เทนเซ็นต์ (ประเทศไทย) จำกัด กำกับโดย ชูเกียรติ ศักดิ์วีระกุล และ ฌัฐพงษ์ อรุณเนตร์ (ทีวีอินเตอร์, 2565) ออกอากาศทางสถานีโทรทัศน์ไทยทีวีสีช่อง 3 ทุกวันจันทร์ เวลา 22.00 น. และสามารถดูย้อนหลังได้ในแอปพลิเคชัน เอไอเอสเพลย์ (AIS PLAY) ละครตอนแรกออกอากาศเมื่อวันที่ 18 เมษายน พ.ศ. 2565 ส่วนตอนสุดท้ายออกอากาศเมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2565 รวมจำนวน 13 ตอน ละครชุดนี้ได้รับกระแสตอบรับเป็นอย่างดีตั้งแต่ตอนแรกที่ออกอากาศ ทั้งยังได้รับรางวัล “CBLO BEST BL SERIES AWARD WINNER” (ซีรีส์ BL ยอดเยี่ยม) และ “CBLO BEST BL SCENE AWARD WINNER” (ฉากซีรีส์ BL ยอดเยี่ยม) จากเวที CBLO Awards 2022 ซึ่งจัดโดย Cebu BL Organization ประเทศฟิลิปปินส์ (เวิร์คพอยท์ทูเดย์, 2565) นอกจากนี้ยังได้รับรางวัลนักแสดงนำรองจากเวที Yuniverse Awards 2022 (สำนักข่าวนิวส์พลัส, 2565) ความสำเร็จดังกล่าวแสดงถึงคุณภาพของละครรวมทั้งความนิยมที่ผู้ชมมีต่อละครชุดนี้ได้เป็นอย่างดี

เมื่อเปรียบเทียบ *ทริอาช* ฉบับละครกับฉบับนวนิยาย นอกจากหมอติณห์จะต้องชานเวลาเสียชีวิตของต้อลว่า “เสียชีวิตเวลาสี่ทุ่มห้าสิบห้านาที” ทุกครั้งแล้ว ยังพบว่ามีความแตกต่างสำคัญ 2 ประการ ประการหนึ่ง คือ จำนวนตัวละครที่หมอติณห์ต้องช่วยชีวิตเมื่อเขาเข้าสู่วงวน ในฉบับละครนอกจากจะต้องช่วยชีวิตต้อลแล้ว เขายังต้องช่วยชีวิตวริศซึ่งเป็นเพื่อนกับต้อล อีกประการหนึ่ง คือ ความขัดแย้งระหว่างตัวละครกับตัวละครที่หมอติณห์ต้องเข้าไปข้องเกี่ยวและพยายามคลี่คลาย ใน

ฉบับละครนอกจากจะปรากฏความขัดแย้งระหว่างตอลกับฮาร์ตันมีสาเหตุมาจากความสัมพันธ์กับไหม แบบเดียวกับที่ปรากฏในฉบับนวนิยายแล้ว หมอติณห์ยังต้องเข้าไปคลี่คลายความขัดแย้งระหว่างตอลกับวริศ ขณะเดียวกันหมอติณห์และเพื่อน ๆ ที่เป็นหมอก็มีความขัดแย้งกับหมอคักดา ซึ่งเป็นอาจารย์แพทย์ในโรงพยาบาล และหมอดอย ซึ่งเป็นเสมือนลูกมือของหมอคักดา ประเด็นที่น่าสนใจก็คือ จำนวนตัวละครและความขัดแย้งที่เพิ่มเข้ามาในฉบับละครนำไปสู่การเปิดเผยอาชญากรรมการค้าอวัยวะมนุษย์ในโรงพยาบาล ซึ่งเป็นประเด็นที่ไม่ปรากฏในฉบับนวนิยาย กล่าวได้ว่า การดัดแปลง *ทรืออาช* จากฉบับนวนิยายเป็นฉบับละครส่งผลต่อการนำเสนอประเด็นดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญ

บทความนี้จะวิเคราะห์ทฤษฎีอาชญากรรมที่ปรากฏในการดัดแปลงเรื่อง *ทรืออาช* จากฉบับนวนิยายเป็นฉบับละคร เพื่อพิจารณาว่าฉบับละครต้องการนำเสนอผ่านการดัดแปลงนั้น

วิธีการวิจัย

การศึกษาละครแนวการแพทย์เรื่อง *ทรืออาช* ในประเด็นอาชญากรรมที่ปรากฏในการดัดแปลงฉบับนวนิยายเป็นฉบับละคร มุ่งพิจารณาอาชญากรรมที่เกิดขึ้นภายในฉบับละครและตัวละครแพทย์ต้องเข้าไปเกี่ยวข้อง พร้อมทั้งพิจารณาว่าฉบับละครต้องการนำเสนอผ่านการดัดแปลง มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษา *ทรืออาช* ฉบับละครเพื่อทำความเข้าใจภาพรวมของสารที่ละครนำเสนอ

ขั้นที่ 2 ศึกษา *ทรืออาช* ฉบับนวนิยายโดยมุ่งสังเกตองค์ประกอบที่เหมือนและต่างจากฉบับละครที่ได้ศึกษาก่อนหน้า

ขั้นที่ 3 วิเคราะห์ *ทรืออาช* ฉบับละครในประเด็นการดัดแปลงอาชญากรรม

ขั้นที่ 4 เชื่อมโยงการดัดแปลงอาชญากรรมกับมิติของสารที่นำเสนอผ่านเรื่องเล่า

ขั้นที่ 5 นำเสนอผลการศึกษารูปแบบพรรณนาวิเคราะห์

ตัวบทที่ใช้ในการศึกษา คือ *ทรืออาช* ฉบับนวนิยาย ซึ่งศึกษาจากฉบับพิมพ์ครั้งที่ 4 เมื่อ พ.ศ. 2565 จัดพิมพ์โดยสำนักพิมพ์เออร์มิท ส่วน *ทรืออาช* ฉบับละครนั้นจะศึกษาจากการรับชมผ่านแอปพลิเคชันไอเอสเพลย์ (AIS PLAY)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ดังได้กล่าวไปแล้วว่า ความแตกต่างระหว่าง *ทรืออาช* ฉบับละครชุดกับฉบับนวนิยาย คือ จำนวนตัวละครและความขัดแย้งที่เพิ่มเข้ามาในฉบับละครซึ่งนำไปสู่การเปิดเผยอาชญากรรมการค้าอวัยวะมนุษย์ในโรงพยาบาลซึ่งเป็นฉากท้องเรื่องอาชญากรรมดังกล่าวสามารถพิจารณาด้วยขนบของบันเทิงคดีสืบสวนสอบสวนได้

หากกล่าวอย่างง่ายที่สุด บันเทิงคดีสืบสวนสอบสวน คือ เรื่องเล่าที่เน้นการคลี่คลายปัญหาซ่อนเงื่อนของเหตุการณ์ชุดหนึ่ง มีองค์ประกอบหลักเด่นชัด 2 อย่าง คือ ปมปริศนา และการแก้ปมปริศนานั้น (เรื่องเดช จันทรศิริ, 2542, น. 8-10) ขณะที่นักวิชาการด้านวรรณกรรมศึกษาได้กล่าวถึงขนบของวรรณกรรมประเภทนี้ไว้ว่า “โดยทั่วไป นิยายนักสืบ จะเริ่มต้นด้วยศพบสถานการณ์ และรูปการณ์แวดล้อมล้วนส่อให้เชื่อว่า นี่คือฆาตกรรม ปัญหาคือใครเป็นคนทำ ทุกคนแม้แต่ตำรวจล้วนไม่สามารถคลี่คลายปมปริศนาฆาตกรรมได้ จำต้องอาศัยนักสืบสมัครเล่นเข้ามาช่วยไขปริศนา การดำเนินเรื่องมักจะเป็นไปอย่างยอกย้อน ซ่อนเงื่อนชวนติดตามชนิดผู้อ่านวางไม่ลง จบจบหน้าสุดท้าย ปริศนาฆาตกรรมจึงได้ไขออกมาด้วยความชาญฉลาดของนักสืบ” (ชูศักดิ์ ภัทรกุลวณิช, 2548, น. 326) ส่วนพจนานุกรมศัพท์วรรณกรรม ฉบับราชบัณฑิตยสภา ได้กล่าวถึงองค์ประกอบพื้นฐานของวรรณกรรมประเภทนี้ว่าประกอบด้วยอาชญากรรมที่ยังไม่คลี่คลาย ตำรวจที่มักไม่ให้ความร่วมมือหรือไม่ฉลาดนักสืบซึ่งมักเป็นผู้ที่มีพฤติกรรมแปลกๆ และผู้ช่วยนักสืบที่จะช่วยสืบสวนข้อหาสงสัยและช่วยคลี่คลายเงื่อนงำบางประการที่ชวนติดตาม มีผู้ต้องสงสัยหลายคนซึ่งเหตุการณ์มัดตัวจนทำให้ผู้อ่านไขว่คว้าหาว่าเป็นผู้กระทำผิด และการแก้ปมปัญหาที่น่าตื่นเต้นและไม่มีใครคาดคิด ซึ่งนักสืบจะเป็นผู้เปิดเผยวิธีที่เขาค้นพบผู้กระทำผิด เรื่องนักสืบที่ดีต้องเป็นเรื่องที่สามารถคลี่คลายปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2560, น. 147)

โดยสรุปแล้ว ขนบของบันเทิงคดีสืบสวนสอบสวนประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ อาชญากรรมในตอนต้น การพยายามคลี่คลายอาชญากรรมในช่วงกลางเรื่อง และอาชญากรรมที่คลี่คลายได้ในตอนท้าย เมื่อพิจารณาการดัดแปลง *ทริอาช* จากฉบับนวนิยายเป็นฉบับละครด้วยขนบของบันเทิงคดีสืบสวนสอบสวนแล้ว สามารถกล่าวโดยละเอียดได้ดังนี้

1. การดัดแปลงอาชญากรรมในตอนต้น

ในช่วงแรกของ *ทริอาช* ฉบับนวนิยายนำเสนอเหตุการณ์ที่หมอดินห์ต้องช่วยชีวิตต่อลในแผนกฉุกเฉิน แต่ไม่สำเร็จ เมื่อเขาหลับไปและตื่นขึ้นมาอีกครั้ง เขากลับตื่นขึ้นมาในวันเดิมและเผชิญกับเหตุการณ์เดิมที่ต้องช่วยชีวิตต่อล ในที่สุดเขาก็เข้าใจว่ากำลังติดอยู่ใน “วงวน” (Loop) และตั้งใจว่าจะต้องหาทางช่วยต่อลให้ได้ เพื่อที่จะได้ออกจากวงวนนี้ด้วย (แซมมอน, 2565, น. 5-29)

เมื่อพิจารณา *ทริอาช* ฉบับละครจะเห็นว่า นอกจากเรื่องราวที่เหมือนกับฉบับนวนิยายดังที่กล่าวไปแล้ว ในฉบับละครมีการเพิ่มตัวละคร *วริศ* ในฐานะเพื่อนร่วมคณะของต่อล และเพิ่มตัวละคร หมอศักดาในฐานะอาจารย์แพทย์ในโรงพยาบาลที่หมอดินห์ทำงาน กับนายแพทย์คอยซึ่งเป็นเสมือนลูกมือของหมอศักดา การเพิ่มตัวละครดังกล่าวนำไปสู่ความขัดแย้งระหว่างหมอดินห์และหมอศักดา เนื่องจากหมอดินห์สงสัยว่า หมอศักดาเป็นผู้อยู่เบื้องหลังอาชญากรรมการค้าอวัยวะมนุษย์ ดังเช่นในตอน 2 หมอดินห์ตรวจอวัยวะภายในของศพรวิศด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasound) แล้วพบว่าไตข้างซ้ายของศพรวิศหายไป เมื่อตรวจสอบกับประวัติการรักษาในฐานข้อมูลของโรงพยาบาลก็กลับไม่พบ เนื่องจาก หมอศักดาเก็บประวัติการรักษาไว้เป็นกรณีศึกษาในการเรียนการสอนวิชาแพทย์ ทำให้หมอดินห์เริ่มสงสัยในตัวหมอศักดา (ทีวีอินเตอร์, 2565)

นอกจากนี้ เมื่อหมอดินห์เข้าสู่วงวนอีกครั้ง ในตอนที่ 3-4 และเรื่องราวกลับไปเริ่มต้นใหม่ หมอดินห์พยายามช่วยชีวิตวริศและทำให้เขาไม่เสียชีวิตได้ในที่สุด หมอดินห์ยังได้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า หมอศักดาเคยรักษาผู้ป่วยที่มีประวัติผื่นที่กรวยไต แต่มีวิธีการรักษาที่แปลก เนื่องจากสั่งจ่ายยาบรรเทาอาการอักเสบที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ (NSAID) ซึ่งทำให้เกิดผลเสียต่อไตและไม่เป็นผลดีต่อผู้ป่วยที่หมอศักดากำลังรักษา ในเวลาต่อมาผู้ป่วยคนนั้นก็เสียชีวิตลง (ทีวีอินเตอร์, 2565) โดยนัยนี้ การดัดแปลง *ทริอาช* จากฉบับนวนิยายเป็นฉบับละครดังกล่าวข้างต้น นอกจากจะทำให้ฉบับละครแตกต่างจากฉบับนวนิยายแล้ว ยังทำให้ข้อสงสัยของหมอดินห์เกี่ยวกับอาชญากรรมการค้าอวัยวะมนุษย์ที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาลได้เผยตัวออกมา นำไปสู่ความสงสัยและความพยายามคลี่คลายอาชญากรรมให้ได้ ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับอาชญากรรมที่มักปรากฏในตอนต้นตามขนบของบันเทิงคดีสืบสวนสอบสวน และยังทำให้ภาพลักษณ์ของหมอดินห์ดูเป็นคนช่างสังเกตและช่างสงสัยด้วย

2. การดัดแปลงการพยายามคลี่คลายอาชญากรรมในช่วงกลางเรื่อง

ช่วงกลางของ *ทริอาช* ฉบับนวนิยายนำเสนอเหตุการณ์ที่หมอดินห์พยายามหาสาเหตุการเสียชีวิตของต่อล ในวงวนตอนหนึ่ง หมอดินห์ได้ส่งศพให้นายแพทย์บรรณกิจซึ่งเป็นแพทย์นิติเวชได้ผ่าชันสูตรศพ ผลการชันสูตรพบว่า ต่อมมีอากกรกล้ามเนื้อหัวใจหนาผิดปกติ และไม่เคยตรวจโรคหัวใจมาก่อน (แซมมอน, 2565, น. 61) อากกรกล้ามเนื้อหัวใจของต่อลเป็นเหตุให้หมอดินห์ได้แสดงความห่วงใยต่อต่อล และทำให้ต่อลได้เข้าใจว่าตนเองก็กำลังติดอยู่ในวงวนแบบเดียวกับหมอดินห์ด้วย (แซมมอน, 2565, น. 137-140) อนึ่ง เหตุการณ์ดังกล่าวปรากฏในฉบับละครด้วย

เมื่อพิจารณาการดัดแปลง *ทริอาช* จากฉบับนวนิยายเป็นฉบับละครในช่วงกลาง พบว่า หากช่วงกลางของบันเทิงคดีสืบสวนสอบสวนตามขนบคือการพยายามคลี่คลายอาชญากรรม การดัดแปลงเรื่องดังกล่าวด้วยการเพิ่มจำนวนตัวละครและความขัดแย้งระหว่างตัวละครก็เป็นไปเพื่อให้ตัวละครได้แสดงความสามารถในการพยายามคลี่คลายอาชญากรรมการค้าอวัยวะมนุษย์ ดังเช่นในตอน 5-6 เมื่อหมอดินห์เข้าสู่วงวนใหม่ หมอดินห์มีหมอสิงห์และหมอพักแพงเป็นผู้ช่วยสืบเพื่อพยายามคลี่คลายข้อสงสัย หมอพักแพงได้เล่าถึงความผิดปกติในการรักษาผู้ป่วยชื่ออรสวดี เนื่องจาก หมอศักดาให้หมอดอยใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ในการรักษา ทว่ายาดังกล่าวเป็นอันตรายสำหรับผู้ป่วยที่กำลังรักษาไต (ทีวีอินเตอร์, 2565) จากการเข้าสู่วงวนในครั้งนี้ นอกจากจะช่วยให้หมอดินห์ยืนยันเรื่องการค้าอวัยวะมนุษย์ในโรงพยาบาลที่มีความเกี่ยวข้องกับหมอศักดาแล้ว

ยังทำให้เขาได้ข้อสรุปว่า เงื่อนไขหนึ่งของการออกจากวังวนได้คือเขาต้องช่วยวีรศและรสวดีให้รอดพ้นจากการกระทำของหมอศักดาด้วย

นอกจากนี้ การดัดแปลงในช่วงกลางเรื่องซึ่งมุ่งให้หมอดิณฑ์ได้คลี่คลายอาชญากรรมนั้นยังทำให้ในมุมมองของผู้ชมได้ทราบเกี่ยวกับองค์กรลับที่ไม่ปรากฏชื่อเรียกด้วย เช่นในตอนที 4 หมอศักดาได้คุยโทรศัพท์กับบุคคลปริศนาเกี่ยวกับการจัดหาอวัยวะมนุษย์ให้ทันในเวลาที่กำหนด ก่อนจะเฉลยในตอนที 6 ว่าบุคคลปริศนานั้นชื่อว่าฉลองชัย แต่ก็ยังไม่ปรากฏตัว (ทีวีรันเดอร์, 2565) ขณะที่ละครนำเสนอว่าหมอดิณฑ์พยายามคลี่คลายอาชญากรรมการค้าอวัยวะมนุษย์ ละครก็ได้นำเสนอว่าองค์กรลับได้รู้คดีด้วยอำนาจเหนือกฎหมาย เช่นในตอนที 8-9 ลุงแก้วซึ่งเป็นญาติของวีรศได้บุกมาที่โรงพยาบาลและได้ใช้มีดทำร้ายหมอดิณฑ์ เนื่องจากเข้าใจว่าหมอดิณฑ์เป็นผู้อยู่เบื้องหลังการที่ไตของวีรศหายไป ภายหลังจากเหตุการณ์นั้นลุงแก้วถูกจับและเสียชีวิตในคุกเพราะองค์กรลับต้องการฆ่าปิดปาก (ทีวีรันเดอร์, 2565) ยิ่งไปกว่านั้น ในตอนที่ 10 เมื่อหมอดิณฑ์และเพื่อน ๆ ทราบเรื่องการค้าอวัยวะมนุษย์ในโรงพยาบาลมากขึ้น หมอศักดาและองค์กรก็พยายามปิดปากจนกระทั่งหมอดิณฑ์ถูกยิงเสียชีวิต (ทีวีรันเดอร์, 2565) กล่าวได้ว่า การดัดแปลงการพยายามคลี่คลายอาชญากรรมในช่วงกลางเรื่องที่ปรากฏใน *ทรืออาช* ฉบับละครทำให้เนื้อเรื่องมีความเข้มข้น น่าติดตาม ทั้งยังมีลักษณะสอดคล้องกับบันเทิงคดีสืบสวนสอบสวนด้วย

3. การดัดแปลงอาชญากรรมในตอนท้าย

ในช่วงท้ายของ *ทรืออาช* ฉบับนวนิยายนำเสนอว่า หมอดิณฑ์และดอลล์ได้เข้าสู่วังวนอีกครั้งเนื่องจากหมอดิณฑ์เสียชีวิต (แซมม่อน, 2565, น. 194-199) ครั้งนี้ดอลล์ต้องเป็นคนแก้ไขเรื่องราวด้วยการไม่ขอโทษเป็นแพน และทำให้หมอดิณฑ์และดอลล์ออกจากวังวนได้ในที่สุด ในการดัดแปลง *ทรืออาช* จากฉบับนวนิยายเป็นฉบับละครก็ยังคงให้ดอลล์เป็นคนแก้ไขเรื่องราวเพื่อให้ตัวละครทั้งสองได้ออกจากวังวน แต่อาชญากรรมที่ปรากฏว่าสอดคล้องกับขนบของบันเทิงคดีสืบสวนสอบสวนมาโดยตลอดกลับมีความแตกต่างไปในช่วงท้าย

การดัดแปลง *ทรืออาช* จากฉบับนวนิยายเป็นฉบับละครในช่วงท้ายยังคงให้องค์กรลับมีบทบาทอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหาไตมนุษย์เพื่อนำไปขาย เนื่องจากในตอนที 11-12 ไทต้องการย้ายแม่ไปรักษาที่โรงพยาบาลอื่นตามคำแนะนำของดอลล์ ทำให้หมอศักดาไม่สามารถหาไตเตรียมไว้ส่งมอบได้ (ทีวีรันเดอร์, 2565) ขณะเดียวกันในตอนที 12-13 ทั้งหมอศักดาและหมอดอยก็ต้องพยายามปิดปากคนที่รู้เห็นเรื่องนี้ด้วย นั่นทำให้หมอดอยจับวีรศเป็นตัวประกันขู่หมอลิ่งและหมอก๊อป ส่วนหมอศักดาก็พยายามชักชวนหมอดิณฑ์เป็นพวกเพื่อให้หมอดิณฑ์ส่งผู้ป่วยที่ประสบอุบัติเหตุให้หมอศักดา แต่ทั้งหมอศักดาและหมอดอยกลับทำไม่สำเร็จ ทำให้ “ฉลองชัย” คนขององค์กรลับมาที่โรงพยาบาลเพื่อจัดการหมอดิณฑ์กับดอลล์หวังจะนำอวัยวะไป ทว่าตำรวจมาถึงเสียก่อนทำให้้องค์กรไหวตัวทัน (ทีวีรันเดอร์, 2565)

อย่างไรก็ดี ตอนจบของ *ทรืออาช* ฉบับละครกลับนำเสนอว่า หมอดอยมีอาการทางจิต ต้องรักษาในแผนกจิตเวช ส่วนหมอศักดาถูกพบเป็นศพ ผลการชันสูตรพบว่าสาเหตุการเสียชีวิตเกิดจากของที่มีคมมากเช่นมีดผ่าตัด และไตของหมอศักดาถูกตัดออกไป (ทีวีรันเดอร์, 2565) การจบเรื่องในลักษณะดังกล่าวไม่เป็นไปตามขนบของบันเทิงคดีสืบสวนสอบสวน เนื่องจากอาชญากรรมการค้าอวัยวะมนุษย์ไม่คลี่คลาย องค์กรซึ่งอยู่เบื้องหลังยังคงลอยนวล ซ้ำยังก่อเหตุกับพวกเดียวกันเองด้วยลักษณะการจบของ *ทรืออาช* ซึ่งปรากฏในการดัดแปลงจากฉบับนวนิยายเป็นฉบับละครนับได้ว่าสอดคล้องกับลักษณะของบันเทิงคดีได้ขนบสืบสวนสอบสวน² (Anti-detective Fiction) บันเทิงคดีแนวนี้เป็นการพลิกกลับรูปแบบการประพันธ์ของนวนิยายสืบสวนสอบสวน จากเดิมที่จบลงด้วยการคลี่คลายปริศนาทุกอย่างอย่างเป็นเหตุเป็นผล สามารถระบุตัวคนร้ายที่อยู่

² วิลเลียม สเปนอส (Spanos, 1972) เป็นผู้ใช้นี้เป็นคนแรก เพื่อหมายถึงงานเขียนแนวสืบสวนสอบสวนซึ่งมีลักษณะต่างจากเรื่องแต่งทั่วไปที่มีการวางโครงสร้างไว้อย่างดี นวนิยายได้ขนบสืบสวนสอบสวนมีลักษณะที่กลับตาลปัตรของโครงสร้างตอนเริ่มต้น ตอนกลาง และตอนจบของโครงเรื่อง กล่าวคือ เป็นนวนิยายที่ไม่มีตอนจบเนื่องจากการสืบสวนคดีไม่คลี่คลาย อาจเป็นเพราะว่านักสืบไม่สามารถคลี่คลายคดีได้ สืบไม่พบอะไรเลย ปฏิเสธที่จะสืบคดี หรือจบแบบปลายเปิดโดยผู้เขียนไม่ให้คำอธิบายที่กระจ่างชัดแก่ผู้อ่าน อันถือเป็นการละเมิดขนบของนวนิยายสืบสวนสอบสวนทั่วไป เมื่ออ่านจบ ผู้อ่านจะยังคงรู้สึกวิตกกังวลต่อไป และทำให้ได้ตระหนักว่าไม่มีสิ่งใดแน่นอน

เบื้องหลังได้ ทว่าในนวนิยายโต้ชนบีสืบสวนสอบสวนนั้นนักสืบพบว่าคนร้ายไม่มีอยู่จริงหรือไม่ได้มีแผนการเบื้องหลังตั้งแต่แรก บางกรณีไม่มีคำอธิบายที่เป็นเหตุเป็นผล หรือไม่สามารถคลี่คลายปริศนาได้และคงเป็นปริศนาต่อไป อันเป็นการละเมิดขนบของนวนิยายสืบสวนสอบสวน (อลิสซา สันตสมบัติ, 2552, น.217) การดัดแปลงอาชญากรรมใน *ทรืออาช* ฉบับละครให้ไม่สามารถคลี่คลายได้ในตอนท้าย ทำให้อาชญากรรมฉบับละครจบแบบปลายเปิด โดยนัยหนึ่งพิจารณาได้ว่าเป็นการทิ้งประเด็นเรื่องการค้าอวัยวะมนุษย์ที่เป็นอำนาจมืดแทรกแซงอยู่ในโรงพยาบาลและวงการแพทย์ว่าเป็นเรื่องที่ยังไม่สามารถคลี่คลายให้กระจ่างได้ แต่อีกนัยหนึ่งก็สามารถพิจารณาได้ว่าอาชญากรรมดังกล่าวไม่ใช่จุดมุ่งหมายหลักของตัวละครในเรื่อง เนื่องจากตัวละครหมอดินห์และต่อต้องไม่เสียชีวิตเพื่อออกจากวังวนและทำให้ความสัมพันธ์ของทั้งคู่สามารถดำเนินต่อไปได้ตามลักษณะของบันเทิงคดียาโออิซึ่งอิงอยู่กับโครงสร้างของนวนิยายโรมานซ์ เมื่อตัวละครสามารถออกจากวังวนได้แล้ว การคลี่คลายอาชญากรรมการค้าอวัยวะมนุษย์ก็ไม่จำเป็นสำหรับตัวละครอีกต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากการพิจารณาการดัดแปลง *ทรืออาช* จากฉบับนวนิยายเป็นฉบับละครด้วยขนบของบันเทิงคดีสืบสวนสอบสวนดังกล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า การดัดแปลงโดยเพิ่มตัวละครและความขัดแย้งระหว่างตัวละครส่งผลต่อการนำเสนออาชญากรรมการค้าอวัยวะมนุษย์ในโรงพยาบาลที่เป็นฉากท้องเรื่อง โดยเฉพาะการนำเสนออาชญากรรมในตอนต้น และการพยายามคลี่คลายอาชญากรรมในช่วงกลางเรื่อง ซึ่งดำเนินไปตามขนบของบันเทิงคดีสืบสวนสอบสวน ขณะเดียวกัน อาชญากรรมดังกล่าวก็ส่งผลต่อการพัฒนาความสัมพันธ์ของตัวละครเอกตามลักษณะของบันเทิงคดียาโออิ ทำให้หมอดินห์และต่อเข้าใจกันจนนำไปสู่การที่ต่างฝ่ายต่างพยายามช่วยเหลือกันเมื่อเข้าสู่วังวนในเรื่อง อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาช่วงท้ายของ *ทรืออาช* ฉบับละครกลับพบว่า ฉบับละครนำเสนออาชญากรรมที่ไม่คลี่คลายตามขนบของบันเทิงคดีสืบสวนสอบสวน อันนับได้ว่าเป็นการจบแบบโต้ชนบีสืบสวนสอบสวน ทั้งยังสื่อถึงอาชญากรรมการค้าอวัยวะมนุษย์ว่าเป็นเรื่องยากที่จะคลี่คลายได้ โดยนัยนี้ *ทรืออาช* ฉบับละครกำลังส่งเสียงวิพากษ์อำนาจมืดที่ครอบงำโรงพยาบาลในฐานะสถาบันทางสังคมซึ่งข้องเกี่ยวกับความเป็นตายของมนุษย์และทำให้ภาพลักษณ์ของโรงพยาบาลกลายเป็นสถานที่ที่ไม่น่าไว้วางใจได้เสมอไปด้วย

ยิ่งไปกว่านั้น เมื่อพิจารณาว่า *ทรืออาช* ฉบับละครเผยแพร่ทั้งทางสื่อโทรทัศน์และทางแอปพลิเคชันเอไอเอสเพลย์ (AIS PLAY) ในสื่อสังคมออนไลน์ อันแสดงให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของภูมิทัศน์สื่อที่ทำให้รูปแบบการสื่อสารของคนในสังคมและวัฒนธรรมเปลี่ยนแปลงไป (พัทธ์พสุตม์ สาธุนุวัฒน์, 2562, หน้า 193) ขณะเดียวกันก็เป็นประเภทสื่อที่มีบทบาทในการเปิดประเด็นสังคมที่เป็นปัญหาให้กลายเป็นที่สนใจ (สกุลศรี ศรีสารคาม, 2560, หน้า 236) กล่าวได้ว่า การเผยแพร่ *ทรืออาช* ฉบับละครผ่านสื่อสังคมออนไลน์ทำให้การนำเสนอมิติการวิพากษ์โรงพยาบาลในฐานะที่เป็นสถาบันทางสังคมกลายเป็นที่สนใจในสังคมวงกว้างมากขึ้นด้วย ไม่ว่าจะผู้ผลิตจะตั้งใจหรือไม่ก็ตาม มิติดังกล่าวส่งเสริมให้ *ทรืออาช* ฉบับละครมีความโดดเด่น เนื้อเรื่องมีอรรถรสหลากหลายชวนติดตาม และแตกต่างจากละครหรือซีรีส์วายเรื่องอื่น ๆ ที่มีอยู่ในตลาดอุตสาหกรรมสื่อบันเทิงที่เติบโตมากยิ่งขึ้นในปัจจุบันด้วย

เอกสารอ้างอิง

- ทีวีเอ็นเตอร์. (2565). *ทรืออาช*. AIS PLAY. https://aisplay.ais.co.th/portal/get_section/624ec4b9e0cbb729d7fa2af6/ชุดคดี_ภัทรกุลวณิชย์. (2548). *อ่านไม่เอาเรื่อง* (พิมพ์ครั้งที่ 2). โครงการจัดพิมพ์คบไฟ.
- แชมม่อน. (2565). *ทรืออาช* (พิมพ์ครั้งที่ 4). เฮอร์มิท.
- พัทธ์พสุตม์ สาธุนุวัฒน์. (2562). พลังสื่อมวลชนในสื่อสังคมออนไลน์. *วารสารวิทยาการจัดการปริทัศน์*, 21(2), 191-200.
- เรื่องเดช จันทรศิริ. (2542). คำให้การของบรรณาธิการ. *รหัสคดี#1 ตายแน่แต่ข้าหน้อย*, 1(1), 7-10.

- เวิร์คพอยท์ทูเดย์. (2565). 'ทริอาช' ซีรีส์ทางการแพทย์ไทยคว้า 2 รางวัลจาก 'CBLO awards 2022'. เวิร์คพอยท์ทูเดย์.
<https://workpointtoday.com/triagetheseries-cblo-awards-2022-0/>
- สกุลศรี ศรีสารคาม. (2560). กระบวนการสื่อสารสังคมในการกำหนดวาระข่าวสารเพื่อการขับเคลื่อนประเด็นสังคมสู่การรับรู้และการเปลี่ยนแปลง. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 12(1), 236-249.
- สำนักข่าวนิวส์พลัส. (2565). ทริอาช : “ไอ้บ-ต้นน้ำ” คว้ารางวัล “นักแสดงนำรองยอดเยี่ยม” จากเวที #YuniverseAwards 2022. สำนักข่าวนิวส์พลัส. <https://www.newsplus.co.th/cluby/264336/>
- สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2560). *พจนานุกรมศัพท์วรรณกรรม ฉบับราชบัณฑิตยสภา (แก้ไขเพิ่มเติม) (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. สำนักงานราชบัณฑิตยสภา.
- อลิสสา สันตสมบัติ. (2552). ความจริง อัตลักษณ์ เรื่องเล่า และเขาวงกต: การแสวงหาแบบหลังสมัยใหม่ในนวนิยายได้ชนบ ลีบสวนสอบสวน. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. คลังปัญญาจุฬาฯ.
<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/33335>
- Rocchi, M. (2019). History, Analysis and Anthropology of Medical Dramas: A Literature Review. *Cinergie – Il Cinema e le altre Arti*, 15(2019), 69-84.
- Spanos, William V. (Autumn, 1972). The Detective and the Boundary: Some Notes on the Postmodern Literary Imagination. *boundary*, 2(1), 147-168.



Session
บริหารธุรกิจ
และเศรษฐศาสตร์

สถานะการเงินของบริษัทประกันภัยและความเสี่ยงที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ประกันภัยโควิด “เจอ จ่าย จบ”

จิรภัทร คงสังข์^{1*}, ดลชย เลิศวิจิตรอนันต์²

บทคัดย่อ

จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 ที่ผ่านมา ส่งผลกระทบเป็นวงกว้างโดยเฉพาะด้านประกันภัย มีหลายบริษัทที่ต้องปิดตัวลงจากการจำหน่ายกรมธรรม์ประกันภัยโควิด “เจอ จ่าย จบ” เนื่องจากการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนของผู้เอาประกันสูงเกินกว่าที่คาดไว้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลกระทบของโควิด-19 ที่มีผลกระทบกับบริษัทประกันภัยที่จำหน่ายกรมธรรม์ประกันภัยโควิด “เจอ จ่าย จบ” ทั้ง 7 บริษัท ได้แก่ บริษัทอาคเนย์ประกันภัย บริษัทไทยประกันภัย บริษัทกรุงเทพประกัน บริษัทเทเวศประกันภัย บริษัทเมืองไทยประกันภัย บริษัทวิริยะประกันภัย และบริษัทสินมั่นคงประกันภัย ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนทางการเงินระหว่างบริษัทประกันภัยที่ไม่ปิดและปิดตัวลง และเพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดจากการออกผลิตภัณฑ์ โดยการวิเคราะห์งบการเงินในปีพ.ศ.2561-2563 ได้แก่ อัตราส่วนค่าสินไหม อัตราส่วนค่าใช้จ่ายการดำเนินการ อัตราส่วนรวม อัตราการเติบโตของเบี้ยประกัน อัตราส่วนที่บริษัทรับเสี่ยงภัยไว้ และอัตราส่วนความเพียงพอของเงินกองทุน อีกทั้งเปรียบเทียบความเสี่ยงที่จะเกิดการเคลมกรมธรรม์ประกันภัยโควิด “เจอ จ่าย จบ” จากการออกรูปแบบผลิตภัณฑ์ พบว่าหากบริษัทสินมั่นคงประกันภัยมีโอกาสที่จ่ายค่าสินไหมจำนวน 251 คน จึงจะมีค่าเท่าทุน และมีความน่าจะเป็นที่คนจะติดโรคคิดเป็น 0.003984 ซึ่งเป็นความเสี่ยงที่น้อยที่สุดของบริษัทที่ยังไม่ปิดตัวลง

คำสำคัญ: วิเคราะห์งบการเงิน ปัญหาการออกรูปแบบผลิตภัณฑ์ประกันภัยโควิด “เจอ จ่าย จบ” อัตราส่วนทางการเงิน ค่าสินไหมทดแทน

^{1,2} อาจารย์คณะบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา จังหวัดศรีสะเกษ 33000

^{1,2} Lecturer at the Faculty of Business Administration, Chalermkarnchana University, Sisaket Province 33000

* Corresponding Author: E-mail:lsewata@gmail.com

Financial status of insurance companies and risks arising from the COVID insurance product “Find-Pay-End”

Chiraphat Kongsang^{1*}, Donchaya Lertvijitanan²

Abstract

From the past situation of the COVID-19 epidemic, it had a wide impact, especially in the insurance sector. There were many companies that have to shut down from selling insurance products COVID-19 “Find-Pay-End”. Because the insured’s claim was too high. The researcher is interested in studying impact of COVID-19 which affects all 7 insurance companies that sell COVID-19 insurance products “Find-Pay-End” namely Southeast insurance company, Thai insurance company, Bangkok insurance company, Deves insurance company, Muang-Thai insurance company, Viriyah insurance company and Sinmunkhong insurance company. It intends for compare the financial ratios between non-closed and closed insurance companies and intend for study the problems cause by insurance products COVID-19 “Find-Pay-End” by financial statement analysis namely Loss ratio, Operating expense ratio, Combined ratio, Premium growth ratio and Capital adequacy ratio furthermore it compares the risk of clamming the insurance products. It is found that if Sinmunkhong Insurance has the opportunity to pay claims for 251 people, it will be at par. And the probability that people will catch the disease is 0.003984, which is the least risk of a company that has not closed.

Keyword: Financial statement analysis, Problems caused by Covid-19 insurance products “Find-Pay-End”, Financial ratio, compensation

บทนำ

จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด 19-ที่ผ่านมา ส่งผลกระทบในวงกว้างไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ ด้านการท่องเที่ยว ด้านสังคม หรือแม้กระทั่งด้านประกันภัย หลายๆ คนเคยได้ยินเรื่องการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนของผู้เอาประกันภัยที่ซื้อความคุ้มครองประกันภัยสุขภาพและประกันภัยโควิด เจอ จ่าย จบ เมื่อมีผู้ทำประกันติดเชื้อโควิด-19 ทำมากเกินกว่าที่คาดประมาณไว้ ทำให้การเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนของผู้เอาประกันสูงตามไปด้วย ในระยะแรกของการให้บริการสินไหมทดแทนประกันภัยโควิด โดยเฉพาะจากกรมธรรม์ประกันภัยเจอ จ่าย จบ ด้วยระบบและขั้นตอนงานที่ในช่วงแรกบริษัทนั้นใจว่ามีความสมบูรณ์แบบ สะดวก รวดเร็ว และแน่นอน แต่เมื่อต้องเจอกับปริมาณการเรียกร้องค่าสินไหมที่คาดไม่ถึงว่าจะมีจำนวนมากจนส่งผลกระทบต่อระบบที่วางเอาไว้ จึงทำให้เกิดปัญหาสภาพคล่องทางการเงินของบริษัทประกันภัยสำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย (คปภ.) ระบุว่าจากข้อมูลสถิติการรับประกันภัยโควิด-19 ตั้งแต่ปีพ.ศ.2563 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2564 พบว่ามียอดกรมธรรม์สะสมสูงถึง 39.86 ล้านฉบับ เบี้ยประกันภัยสะสม 11,250 ล้านบาท ขณะที่ยอดการจ่ายค่าสินไหมทดแทนสะสมมีจำนวนมากถึง 9,428.63 ล้านบาท[1]

ทั้งนี้อัตราการจ่ายค่าสินไหมทดแทนตามกรมธรรม์ประกันภัยโควิด-19 ตั้งแต่ต้นปี พ.ศ.2563 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 อยู่ในอัตราคงที่ แต่นับจากเดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2564 มีอัตราเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2564 เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ที่มีอัตราผู้ติดเชื้อรายวันเพิ่มขึ้นและมีการแพร่ระบาดอย่างรวดเร็ว แม้ว่าจะมีการฉีดวัคซีนแล้วก็ตาม ในเดือนเมษายน พ.ศ.2564 มียอดการจ่ายค่าสินไหมทดแทนสะสม 308.96 ล้านบาท เดือนพฤษภาคม 1,143.09 ล้านบาท เดือนมิถุนายน 2,050.49 ล้านบาท เดือนกรกฎาคม 3,996.22 ล้านบาท และเดือนสิงหาคมสูงถึง 9,428.63 ล้านบาท[1] ทำให้อัตราการจ่ายค่าสินไหมทดแทนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและส่งผลกระทบต่อบริษัทประกันภัยที่รับประกันภัยโควิด-19 โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริษัทประกันภัยที่รับประกันภัยโควิด-19 เจอ จ่าย จบ ที่มีกรมธรรม์ประเภทนี้ในสัดส่วนที่สูง

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษางานวิจัยนี้ เพื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนทางการเงินระหว่างบริษัทประกันภัยที่ไม่ปิดและปิดตัวลงอันได้แก่ อัตราส่วนค่าสินไหมทดแทน (Loss Ratio) อัตราส่วนค่าใช้จ่ายการดำเนินงาน (Operating Expense Ratio) อัตราส่วนรวม (Combined Ratio) อัตราเติบโตของเบี้ยประกัน (Premium Growth Ratio) อัตราส่วนที่บริษัทรับความเสี่ยงไว้เอง (Risk Retention Ratio) และอัตราส่วนเงินกองทุน (Capital Ratio) อีกทั้งเพื่อศึกษาความเสี่ยงที่เกิดจากการออกผลิตภัณฑ์ประกันภัยโควิด “เจอ จ่าย จบ” เพื่อเปรียบเทียบความเสี่ยงที่จะเกิดการเคลมของทั้ง 7 บริษัท โดยพิจารณาจากโอกาสที่จะจ่ายค่าสินไหมทดแทน และความน่าจะเป็นที่จะติดเชื้อโควิด-19

วิธีการวิจัย

ประชากรและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ประชากร (Population) ที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ คือ บริษัทประกันภัยที่มีการจำหน่ายกรมธรรม์ประกันภัยโควิดเจอ จ่าย จบ ที่ยังไม่ปิดตัวลงและบริษัทที่มีการจำหน่ายกรมธรรม์ประกันภัยโควิดเจอ จ่าย จบ ที่ปิดตัวลงแล้ว พบว่าบริษัทประกันภัยที่สามารถหางบการเงินได้มีจำนวน 7 บริษัท จากบริษัทที่มีการจำหน่ายกรมธรรม์ประกันภัยโควิดเจอ จ่าย จบ ทั้งหมด 14 บริษัท โดยเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิในช่วง พ.ศ. 2561 – 2563 เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบงบการเงินก่อนและหลังการเกิดโควิด-19 ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการศึกษาทั้ง 7 บริษัท โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ [3][4][5][6][7][8][9]

1. บริษัทที่มีการจำหน่ายกรมธรรม์ประกันภัยโควิดเจอ จ่าย จบ ที่ปิดตัวลงแล้วมี 2 บริษัท ได้แก่ บริษัทอากเนย์ ประกันภัยและบริษัทไทยประกันภัย

2. บริษัทที่มีการจำหน่ายกรมธรรม์ประกันภัยโควิดเจอ จ่าย จบ ที่ยังไม่ปิดตัวลงมี 5 บริษัท ได้แก่ (1) บริษัทกรุงเทพ ประกันภัย (2) บริษัทเทเวศประกันภัย (3) บริษัทเมืองไทยประกันภัย (4) บริษัทวิริยะประกันภัย และ (5) บริษัทสินมั่นคง ประกันภัย

ระเบียบวิธีวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้อัตราส่วนทางการเงินมาวิเคราะห์งบการเงิน ซึ่งเครื่องมือที่เลือกใช้วิเคราะห์งบการเงินโดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้[2]

- อัตราส่วนค่าสินไหมทดแทน $= \frac{\text{ค่าสินไหมทดแทนสุทธิ}}{\text{เบี้ยประกันภัยรับรวมที่ถือเป็นรายได้สุทธิ}} \times 100$
 ใช้เพื่อคู่อัตราค่าสินไหมทดแทนต่อเบี้ยประกันที่ถือเป็นรายได้ ซึ่งมีเกณฑ์มาตรฐาน คือ อัตราส่วนค่าสินไหมทดแทน $\leq 60\%$
- อัตราส่วนค่าใช้จ่ายการดำเนินงาน $= \frac{\text{ค่าบำเหน็จสุทธิ+ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน}}{\text{เบี้ยประกันภัยรับรวมที่ถือเป็นรายได้สุทธิ}} \times 100$
 ใช้สำหรับวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการ ซึ่งมีเกณฑ์มาตรฐานคือ อัตราส่วนค่าใช้จ่ายการดำเนินงาน $\leq 40\%$
- อัตราส่วนรวม = อัตราส่วนค่าสินไหมทดแทน + อัตราส่วนค่าใช้จ่ายการดำเนินงาน
 ใช้สำหรับวิเคราะห์อัตรากำไรจากการประกันภัยหากเกิน 100 คือขาดทุน ซึ่งมีเกณฑ์มาตรฐานคือ อัตราส่วนรวม $\leq 100\%$
- อัตรการเติบโตของเบี้ยประกัน $= \frac{\text{เบี้ยประกันภัยรับรวมปีปัจจุบัน} - \text{เบี้ยประกันภัยรับรวมปีก่อนหน้า}}{\text{เบี้ยประกันภัยรับรวมปีก่อนหน้า}} \times 100$
 ใช้สำหรับวิเคราะห์การเติบโตของธุรกิจ ซึ่งมีเกณฑ์มาตรฐานอยู่ในระดับเดียวกับอัตราเติบโตของอุตสาหกรรม
- อัตราส่วนที่บริษัทรับเสี่ยงภัยไว้ $= \frac{\text{เบี้ยประกันภัยรับสุทธิ}}{\text{เบี้ยประกันภัยรับรวม}} \times 100$
 ใช้สำหรับวิเคราะห์ความเสี่ยงที่เหลือนอยู่กับธุรกิจ ซึ่งมีเกณฑ์มาตรฐานแล้วแต่ลักษณะของธุรกิจ
- อัตราส่วนความเพียงพอของเงินกองทุน $= \frac{\text{เงินกองทุนที่สามารถนำมาใช้ได้ทั้งหมด}}{\text{เงินกองทุนที่ต้องดำรงทั้งหมด}} \times 100$
 ตัวชี้วัดนี้ใช้สำหรับวิเคราะห์สถานะความมั่นคงทางการเงินต่อความเสี่ยงต่อการขาดทุนที่มีอยู่ เกณฑ์มาตรฐานคือ อัตราส่วนความเพียงพอของเงินกองทุน $> 140\%$

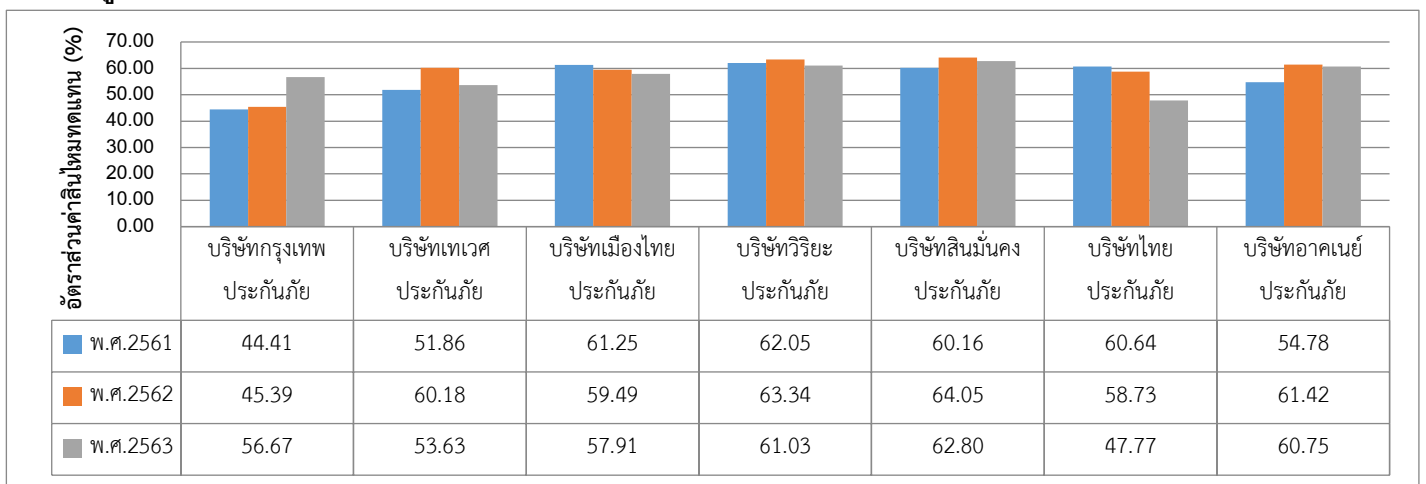
เครื่องมือที่วิเคราะห์ที่ใช้เปรียบเทียบความเสี่ยงที่จะเกิดการเคลมกรมธรรม์ประกันภัยโควิด เจอจ่าย จบ จากรูปแบบการออกผลิตภัณฑ์ มีรายละเอียดดังนี้

- โอกาสที่จะจ่ายค่าสินไหมทดแทน $= \frac{\text{ค่าสินไหมทดแทน}}{\text{เบี้ยประกัน}}$
- ความน่าจะเป็นที่จะติดเชื้อโควิด-19 $= \frac{1}{\text{โอกาสที่จะจ่ายค่าสินไหมค่าสินไหมทดแทน}}$

ผลการวิจัย

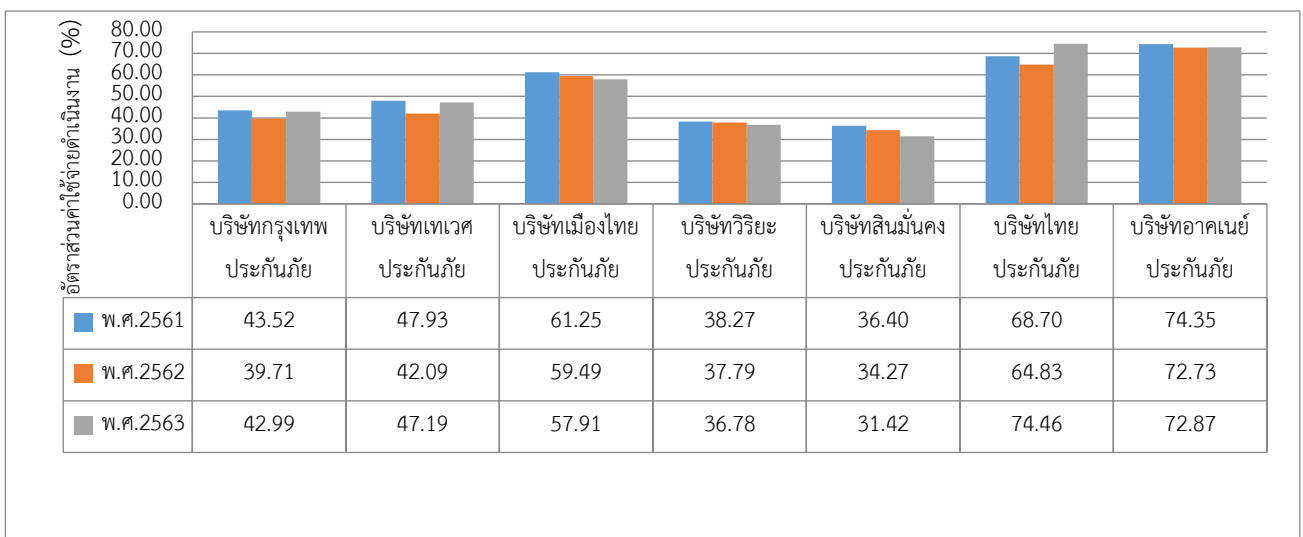
จากการศึกษาสถานะการเงินของบริษัทประกันภัยและปัญหาที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ประกันภัยโควิด “เจอ จ่าย จบ” โดยศึกษาจากการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ กลุ่มบริษัทที่จำหน่ายกรมธรรม์ประกันภัยโควิด “เจอ จ่าย จบ” ที่ปิดตัวลงแล้วและยังไม่ปิดตัวลง บริษัทที่มีการจำหน่ายกรมธรรม์ประกันภัยโควิดเจอ จ่าย จบ ที่ปิดตัวลงแล้วมี 2 บริษัท ได้แก่ บริษัท อากเนย์ประกันภัยและบริษัทไทยประกันภัย บริษัทที่มีการจำหน่ายกรมธรรม์ประกันภัยโควิดเจอ จ่าย จบ ที่ยังไม่ปิดตัวลงมี 5 บริษัท ได้แก่ บริษัทกรุงเทพประกันภัย บริษัทเทเวศประกันภัย บริษัทเมืองไทยประกันภัย บริษัททวิริยะประกันภัย และบริษัทสินมั่นคงประกันภัย มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

รูปที่ 1 อัตราส่วนค่าสินไหมทดแทน (Loss Ratio) ของบริษัทประกันภัยที่การศึกษา



จากรูปที่ 1 พบว่าบริษัทที่มีอัตราส่วนค่าสินไหมทดแทนที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ คปภ. กำหนด ในปีพ.ศ.2561 ได้แก่ บริษัทกรุงเทพประกันภัย บริษัทเทเวศประกันภัย และบริษัทอากเนย์ประกันภัย ปีพ.ศ.2562 ได้แก่ บริษัทกรุงเทพประกันภัย บริษัทเมืองไทยประกันภัย และบริษัทไทยประกันภัย ปีพ.ศ.2563 ได้แก่ บริษัทกรุงเทพประกันภัย บริษัทเทเวศประกันภัย บริษัทเมืองไทยประกันภัย และบริษัทไทยประกันภัย แสดงว่าถ้าหากบริษัทมีการออกรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีค่าสินไหมทดแทนต่ำ จึงไม่จำเป็นต้องกำหนดเบี้ยประกันภัยใหม่

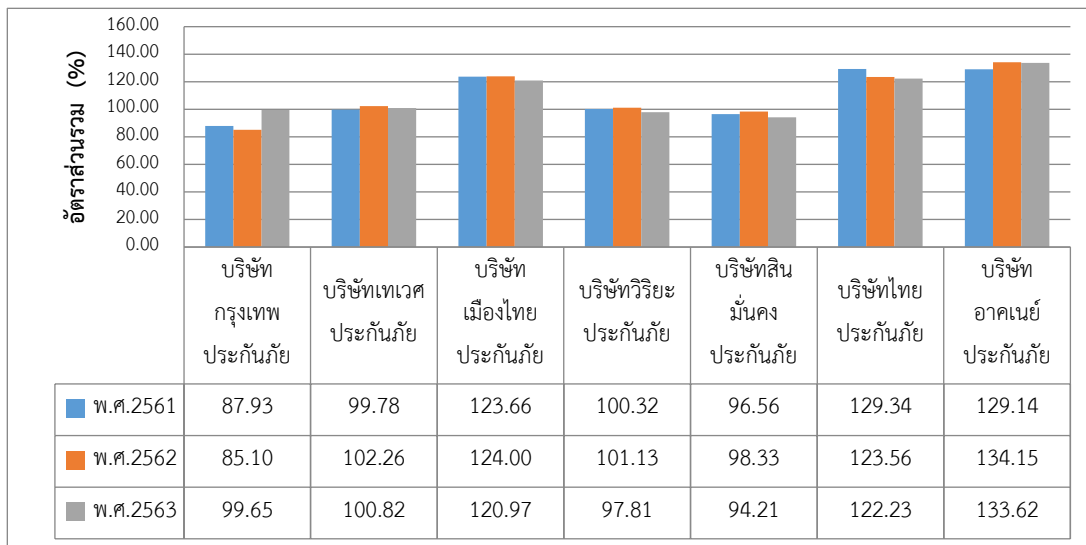
รูปที่ 2 อัตราส่วนค่าใช้จ่ายการดำเนินงาน (Operating Expense Ratio) ของบริษัทประกันภัยที่การศึกษา



ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนค่าใช้จ่ายการดำเนินงานพบว่าในปีพ.ศ.2562 บริษัทกรุงเทพประกันภัยมีอัตรา

จากรูปที่ 2 พบว่าบริษัทที่มีอัตราส่วนค่าใช้จ่ายการดำเนินงานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ คปก.กำหนด ในปีพ.ศ.2561 ได้แก่ บริษัทวิริยะประกันภัย และบริษัทสินมั่นคงประกันภัย ปีพ.ศ.2562 ได้แก่ บริษัทกรุงเทพ ประกันภัย บริษัทวิริยะประกันภัย และบริษัทสินมั่นคงประกันภัย ปีพ.ศ.2563 ได้แก่ บริษัทวิริยะประกันภัย และบริษัทสิน มั่นคงประกันภัย แสดงว่าหากบริษัทมีประสิทธิภาพในการรักษาค่าใช้จ่ายต่ำ จะทำให้บริษัทได้ผลกำไรสูงสุด

รูปที่ 3 อัตราส่วนรวม (Combined Ratio) ของบริษัทประกันภัยที่การศึกษา



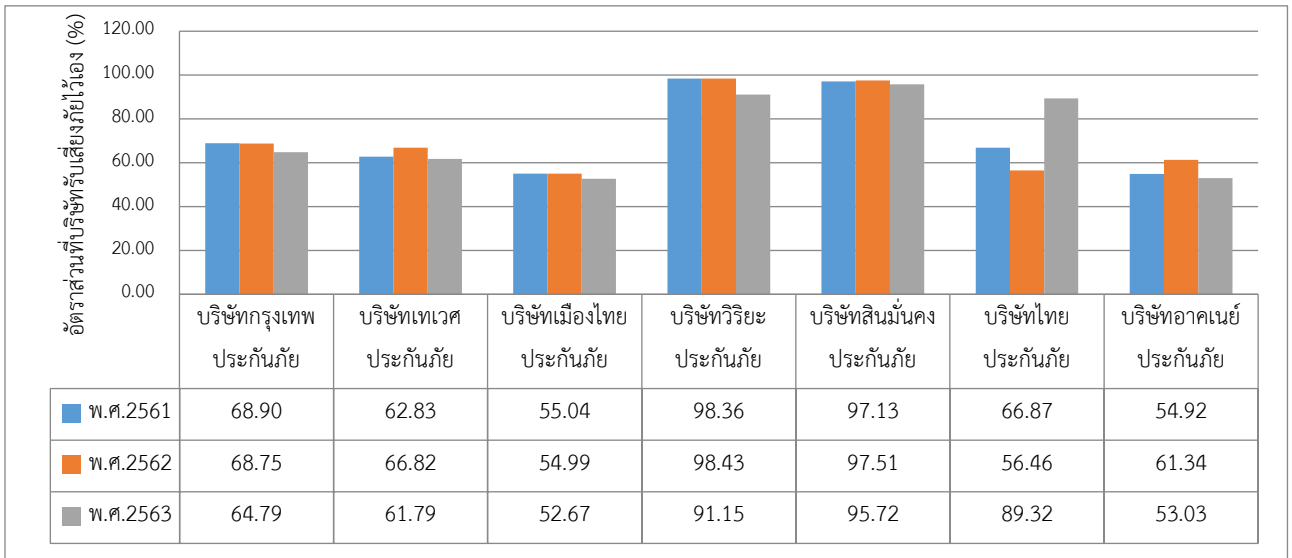
จากรูปที่ 3 พบว่าบริษัทที่มีอัตราส่วนรวมน้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ คปก. กำหนด ในปีพ.ศ. 2561 ได้แก่ บริษัทกรุงเทพประกันภัย บริษัทเทเวศประกันภัย และบริษัทสินมั่นคงประกันภัย ปีพ.ศ.2562 ได้แก่ บริษัทกรุงเทพ ประกันภัย และบริษัทสินมั่นคงประกันภัย ปีพ.ศ.2563 ได้แก่ บริษัทกรุงเทพประกันภัย บริษัทวิริยะประกันภัย และบริษัทสิน มั่นคงประกันภัย แสดงว่าผู้ให้บริการไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนการดำเนินงานบางอย่างเพื่อให้บริษัทสามารถใช้งานได้

ตารางที่ 1 อัตราส่วนการเติบโตของเบี้ยประกันภัยรับและอัตราส่วนการเติบโตของเบี้ยประกันภัยรับสุทธิ

ชื่อบริษัท	อัตราส่วนการเติบโตของเบี้ยประกันภัยรับ (%)		อัตราส่วนการเติบโตของเบี้ยประกันภัยรับสุทธิ (%)	
	พ.ศ.2562	พ.ศ.2563	พ.ศ.2562	พ.ศ.2563
บริษัทกรุงเทพประกันภัย	21.26	8.80	21.00	2.53
บริษัทเทเวศประกันภัย	7.01	9.99	13.81	1.71
บริษัทเมืองไทยประกันภัย	7.51	10.26	7.40	5.62
บริษัทวิริยะประกันภัย	2.57	-1.90	2.64	-3.71
บริษัทสินมั่นคงประกันภัย	7.29	-13.21	7.71	-14.81
บริษัทไทยประกันภัย	3.29	-45.26	-12.79	-13.21
บริษัทอากเนย์ประกันภัย	-5.10	2.67	5.92	-11.26

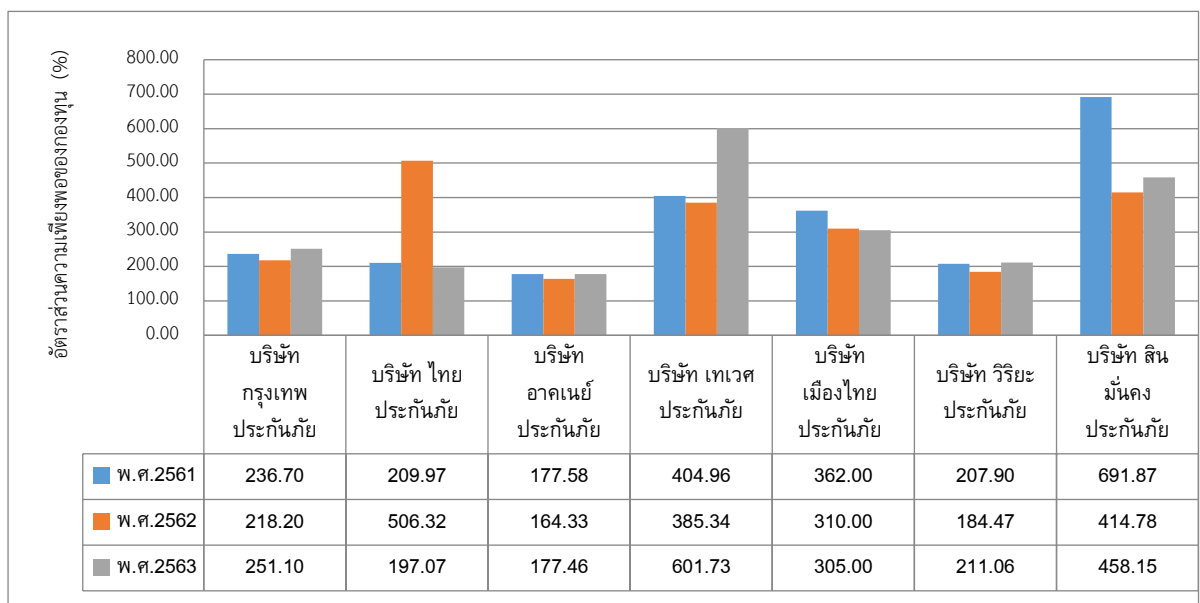
จากตารางที่ 1 พบว่าบริษัทมีส่วนต่างระหว่างอัตราส่วนการเติบโตของเบี้ยประกันภัยรับและอัตราส่วนการเติบโตของเบี้ยประกันภัยรับสุทธิต่ำในปีพ.ศ.2562 ได้แก่ บริษัทกรุงเทพประกันภัย บริษัทเมืองไทยประกันภัย บริษัทวิริยะประกันภัย และบริษัทสินมั่นคงประกันภัย ในปีพ.ศ.2563 ได้แก่ บริษัทสินมั่นคงประกันภัย แสดงว่าการทำประกันภัยต่อไม่มีผลกับอัตราการเติบโตของเบี้ยประกัน

รูปที่ 4 อัตราส่วนที่บริษัทรับเสี่ยงภัยไว้เอง (Risk Retention) ของบริษัทประกันภัยที่การศึกษา



จากรูปที่ 4 พบว่าอัตราส่วนที่บริษัทรับเสี่ยงภัยไว้เองที่ต่ำจะต้องมีค่าที่ต่ำ ในปีพ.ศ.2561 บริษัทที่มีอัตราส่วนที่บริษัทรับเสี่ยงภัยไว้เองต่ำที่สุด ได้แก่ บริษัทอากเนย์ประกันภัย ปีพ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 บริษัทที่มีอัตราส่วนที่บริษัทรับเสี่ยงภัยไว้เองต่ำที่สุด ได้แก่ บริษัทเมืองไทยประกันภัย แสดงว่าการรับประกันเชิงพาณิชย์จะมีการเอาประกันภัยต่อเพื่อลดความเสี่ยง

รูปที่ 5 อัตราส่วนความเพียงพอของเงินกองทุน (Capital Adequacy Ratio:CAR) ของบริษัทประกันภัยที่การศึกษา



จากรูปที่ 5 อัตราส่วนความเพียงพอของเงินกองทุนที่มากกว่าหรือเท่ากับ 140 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ คปภ. กำหนด พบว่าตลอดปีพ.ศ.2561-2563 ทั้ง 7 บริษัท ได้แก่ บริษัทอากเนย์ประกันภัยและบริษัทไทยประกันภัย บริษัทกรุงเทพ

ประกันภัย บริษัทเทเวศประกันภัย บริษัทเมืองไทยประกันภัย บริษัทวิริยะประกันภัย และบริษัทสินมั่นคงประกันภัย แสดงว่า ทั้ง 7 บริษัทมีความมั่นคงทางการเงิน

ตารางที่ 3 ความน่าจะเป็นที่จะติดโควิด-19 ของผู้ซื้อกรมธรรม์ประกันภัยโควิด “เจอ จ่าย จบ” จากรูปแบบการออกผลิตภัณฑ์

ชื่อบริษัท	เบี้ยประกัน (บาท)	ค่าสินไหมทดแทน (บาท)	โอกาสที่จะจ่ายค่าสินไหม (คน)	ความน่าจะเป็นที่จะติดโควิด-19
1.บริษัทวิริยะประกันภัย	549	10,000	19	0.052632
2.บริษัททอคาเนย์ประกันภัย	260	50,000	193	0.005181
	519	100,000	193	0.005181
	778	150,000	193	0.005181
	1,037	200,000	193	0.005181
3.บริษัทไทยประกันภัย	290	50,000	173	0.005780
	490	70,000	143	0.006993
	590	100,000	170	0.005882
4.บริษัทเมืองไทยประกันภัย	1,000	100,000	100	0.010000
5.บริษัทกรุงเทพประกันภัย	699	50,000	72	0.013889
6.บริษัทสินมั่นคงประกันภัย	199	50,000	252	0.003968
	399	100,000	251	0.003984
7.บริษัทเทเวศประกันภัย	150	30,000	200	0.005000

ผลการเปรียบเทียบความเสียหายที่จะเกิดการเคลมจากทั้ง 7 บริษัท โดยพิจารณาจากความน่าจะเป็นที่จะติดโควิด-19 และโอกาสที่จะจ่ายค่าสินไหม ของผู้ซื้อกรมธรรม์ประกันภัยโควิด “เจอ จ่าย จบ” จากรูปแบบการออกผลิตภัณฑ์ พบว่าบริษัทสินมั่นคงประกันภัย กรณีที่เก็บเบี้ยประกันมาในราคา 399 บาท ถ้ามีคนตรวจเจอโรคโควิด-19 จำนวน 1 คน มีโอกาสที่จ่ายค่าสินไหม ได้จำนวน 251 คน จึงจะมีค่าเท่ากับ และมีความน่าจะเป็นที่คนจะติดโรคคิดเป็น 0.003984 ซึ่งเป็นความเสี่ยงที่น้อยที่สุดของบริษัทที่ยังไม่ปิดตัวลง ส่งผลให้บริษัทมีโอกาสต้องจ่ายค่าสินไหมทดแทนให้ตัวเองประกันต่ำ บริษัทจึงมีความเสี่ยงที่จะขาดทุนต่ำ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสถานะการเงินของบริษัทประกันภัยและปัญหาที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ประกันภัยโควิด "เจอ จ่าย จบ" โดยศึกษาจากการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ กลุ่มบริษัทที่จำหน่ายกรมธรรม์ประกันภัยโควิด "เจอ จ่าย จบ" ที่ปิดตัวลงแล้วและยังไม่ปิดตัวลง ในส่วนของบริษัทที่มีการจำหน่ายกรมธรรม์ประกันภัยโควิดเจอ จ่าย จบ ที่ปิดตัวลงแล้วมี 2 บริษัท ได้แก่ บริษัททอคาเนย์ประกันภัยและบริษัทไทยประกันภัย มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

บริษัทที่มีอัตราส่วนค่าสินไหมทดแทนอยู่ในเกณฑ์ที่ คปก.กำหนด ในปีพ.ศ.2561 ได้แก่ บริษัทกรุงเทพประกันภัย บริษัทเทเวศประกันภัย และบริษัททอคาเนย์ประกันภัย ปีพ.ศ.2562 ได้แก่ บริษัทกรุงเทพประกันภัย บริษัทเมืองไทยประกันภัย

และบริษัทไทยประกันภัย ปีพ.ศ.2563 ได้แก่ บริษัทกรุงเทพประกันภัย บริษัทเทเวศประกันภัย บริษัทเมืองไทยประกันภัย และบริษัทไทยประกันภัย แสดงว่าถ้าหากบริษัทมีการออกรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีค่าสินไหมทดแทนต่ำ จึงไม่จำเป็นต้องกำหนดเบี้ยประกันภัยใหม่

บริษัทที่มีอัตราส่วนค่าใช้จ่ายการดำเนินงานอยู่ในเกณฑ์ที่ คปภ.กำหนด ในปีพ.ศ.2561 ได้แก่ บริษัทวิริยะประกันภัย และบริษัทสินมั่นคงประกันภัย ปีพ.ศ.2562 ได้แก่ บริษัทกรุงเทพประกันภัย บริษัทวิริยะประกันภัย และบริษัทสินมั่นคงประกันภัย ปีพ.ศ.2563 ได้แก่ บริษัทวิริยะประกันภัย และบริษัทสินมั่นคงประกันภัย แสดงว่าหากบริษัทมีประสิทธิภาพในการรักษาค่าใช้จ่ายต่ำ จะทำให้บริษัทได้ผลกำไรสูงสุด

บริษัทที่มีอัตราส่วนรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ คปภ. กำหนด ในปีพ.ศ.2561 ได้แก่ บริษัทกรุงเทพประกันภัย บริษัทเทเวศประกันภัย และบริษัทสินมั่นคงประกันภัย ปีพ.ศ.2562 ได้แก่ บริษัทกรุงเทพประกันภัย และบริษัทสินมั่นคงประกันภัย ปีพ.ศ.2563 ได้แก่ บริษัทกรุงเทพประกันภัย บริษัทวิริยะประกันภัย และบริษัทสินมั่นคงประกันภัย แสดงว่าผู้ให้บริการไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนการดำเนินงานบางอย่างเพื่อให้บริษัทสามารถใช้งานได้

บริษัทมีส่วนต่างระหว่างอัตราส่วนการเติบโตของเบี้ยประกันภัยรับและอัตราส่วนการเติบโตของเบี้ยประกันภัยรับสุทธิต่ำในปีพ.ศ.2562 ได้แก่ บริษัทกรุงเทพประกันภัย บริษัทเมืองไทยประกันภัย บริษัทวิริยะประกันภัย และบริษัทสินมั่นคงประกันภัย ในปีพ.ศ.2563 ได้แก่ บริษัทสินมั่นคงประกันภัย แสดงว่าการทำประกันภัยต่อไม่มีผลกับอัตราการเติบโตของเบี้ยประกัน

บริษัทที่มีอัตราส่วนที่บริษัทรับเสี่ยงภัยไว้เองที่ติดจะต้องที่ค่าต่ำ ในปีพ.ศ.2561 บริษัทที่มีอัตราส่วนที่บริษัทรับเสี่ยงภัยไว้เองต่ำที่สุด ได้แก่ บริษัทอากเนย์ประกันภัย ปีพ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 บริษัทที่มีอัตราส่วนที่บริษัทรับเสี่ยงภัยไว้เองต่ำที่สุด ได้แก่ บริษัทเมืองไทยประกันภัย แสดงว่าการรับประกันเชิงพาณิชย์จะมีการเอาประกันภัยต่อเพื่อลดความเสี่ยง

บริษัทที่มีอัตราส่วนความเพียงพอของเงินกองทุนที่อยู่ในเกณฑ์ที่ คปภ.กำหนด พบว่าตลอดปีพ.ศ.2561-2563 ทั้ง 7 บริษัท ได้แก่ บริษัทอากเนย์ประกันภัยและบริษัทไทยประกันภัย บริษัทกรุงเทพประกันภัย บริษัทเทเวศประกันภัย บริษัทเมืองไทยประกันภัย บริษัทวิริยะประกันภัย และบริษัทสินมั่นคงประกันภัย แสดงว่าทั้ง 7 บริษัทมีความมั่นคงทางการเงิน

ผลการเปรียบเทียบความเสี่ยงที่จะเกิดการเคลมจากทั้ง 7 บริษัท โดยพิจารณาจากความน่าจะเป็นที่จะติดโควิด-19 และโอกาสที่จะจ่ายค่าสินไหม ของผู้ซื้อกรมธรรม์ประกันภัยโควิด “เจอ จ่าย จบ” จากรูปแบบการออกผลิตภัณฑ์ พบว่าบริษัทสินมั่นคงประกันภัย กรณีที่เก็บเบี้ยประกันมาในราคา 399 บาท ถ้ามีคนตรวจเจอโรคโควิด-19 จำนวน 1 คน มีโอกาสที่จ่ายค่าสินไหม ได้จำนวน 251 คน จึงจะมีค่าเท่ากับ และมีความน่าจะเป็นที่คนจะติดโรคคิดเป็น 0.003984 ซึ่งเป็นความเสี่ยงที่น้อยที่สุดของบริษัทที่ยังไม่ปิดตัวลง ส่งผลให้บริษัทมีโอกาสต้องจ่ายค่าสินไหมทดแทนให้ตัวเองประกันต่ำ บริษัทจึงมีความเสี่ยงที่จะขาดทุนต่ำ

อ้างอิง

- [1] สำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมธุรกิจประกันภัย. (2564, พฤษภาคม). **ประกันภัยโควิดช่วยเยียวยาความเดือดร้อนแก่ประชาชนแล้วกว่า 9,428 ล้านบาท.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <https://www.oic.or.th/en/consumer/news/releases/92357> [2565, 7 เมษายน].
- [2] สมาคมประกันวินาศภัยไทย. (2565). **คู่มือประกันวินาศภัยไทย.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <https://www.tiins.com/thai-general-insurance-handbook/> [2565, 30 เมษายน].
- [3] กรุงเทพประกันภัย. (2565). **รายงานประจำปี.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <https://www.bangkokinsurance.com/investor/annual-report> [2565, 10 เมษายน].
- [4] เทเวศประกันภัย. (2565). **ข้อมูลทางการเงิน.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <https://www.deves.co.th/th/about-us/financial-budget/> [2565, 10 เมษายน].
- [5] ไทยประกันภัย. (2565). **รายงานประจำปี.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <https://www.thaiins.com/th/disclosure-downloads> [2565, 10 เมษายน].
- [6] เมืองไทยประกันภัย. (2565). **รายงานประจำปี.**(ออนไลน์). แหล่งที่มา: <https://www.muangthaiinsurance.com/th/ir/financialstatus> [2565, 10 เมษายน].
- [7] วิริยะประกันภัย. (2565). **ฐานะการเงินและผลการดำเนินงานของบริษัท.**(ออนไลน์). แหล่งที่มา: <https://www.viriyah.co.th/th/content.php?id=43> [2565, 10 เมษายน].
- [8] สิ้นมันประกันภัย. (2565). **ข้อมูลนักลงทุน.**(ออนไลน์). แหล่งที่มา: <https://www.smk.co.th/investor> [2565, 10 เมษายน].
- [9] อากาศประกันภัย. (2565). **ผลประกอบการ.**(ออนไลน์). แหล่งที่มา: <https://www.southeastinsurance.co.th/services/aboutus-profit> [2565, 10 เมษายน].

ปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาทองคำในประเทศไทยภายใต้สถานการณ์ช่วงก่อนเกิด

และระหว่างการแพร่ระบาดโควิด 2019

อรปรียา มาคโอสถ¹ และ พงศภัค แซ่เลี้ยว²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาทองคำในประเทศไทยช่วงก่อนเกิดและระหว่างการแพร่ระบาดโควิด 2019 โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) แบบรายวัน ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2562 ถึง 31 กรกฎาคม 2564 ซึ่งแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา คือ สมการถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression) และการทดสอบ Paired sample T-Test ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อราคาทองคำช่วงก่อนเกิดและระหว่างการแพร่ระบาดโควิด 2019 ในทิศทางบวก คือ ราคาทองคำในอดีต ราคาทองคำในตลาดโลกและอัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ นอกจากนี้ปัจจัยทางด้านราคาน้ำมันดิบและจำนวนผู้ติดเชื้อ Covid-19 มีผลต่อราคาทองคำในช่วงระหว่างการแพร่ระบาดโควิด 2019 และผลจากการเปรียบเทียบราคาทองคำ พบว่า ค่าเฉลี่ยของราคาทองคำในช่วงก่อนเกิดและระหว่างการแพร่ระบาดโควิด 2019 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ดังนั้น รัฐบาลควรมีนโยบายเพื่อป้องกันความผันผวนที่อาจเกิดขึ้นจากราคาทองคำในตลาดโลกและอัตราแลกเปลี่ยนที่อาจส่งผลกระทบต่อ ความเชื่อมั่นของนักลงทุนภายในประเทศรวมถึงนักลงทุนควรพิจารณาระยะเวลาในการเลือกลงทุนในราคาทองคำให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นและควรคาดการณ์แนวโน้มของราคาทองคำในอนาคตเพื่อลดความเสี่ยงในการลงทุนในทองคำ

คำสำคัญ : ราคาทองคำ, การแพร่ระบาดโควิด 2019

Factors affecting gold prices in Thailand under the circumstances before and during the COVID 2019 outbreak.

Onpreeya Masosod¹ and Pongsapak saeliow²

Abstract

The objective of this research was to study factors affecting gold prices in Thailand under the circumstances before and during the COVID 2019 outbreak by using daily Time Series from 1 September 2019 to 31 July 2021. The model used in this study was Multiple Regression and Paired sample t-test. The study found that the key factors positively affecting the gold price before and during the COVID 2019 outbreak are historical gold prices, world gold prices, and the baht/US dollar exchange rate. In addition, crude oil prices and Covid-19 cases influenced gold prices during the coronavirus outbreak, and gold price comparison results showed that the average price of gold before and during the COVID 2019 outbreak differed statistically significantly by 0.05. Therefore, the government should have a policy to prevent the potential fluctuation of gold prices in the world market and exchange rates. It may affect investor confidence within Thailand. Investors should consider the timing of investing in the gold price to suit the situation and should anticipate the trend of the gold price in the future in order to reduce the risk of investing in gold.

Keywords: gold price, COVID 2019 outbreak

ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันมีทางเลือกในการลงทุนมากมาย เช่น การลงทุนในตลาดเงินและตลาดสินทรัพย์ดิจิทัล เมื่อเกิดวิกฤตการณ์ความไม่แน่นอนทางเศรษฐกิจ เช่น การแพร่ระบาดโควิด 2019 ทำให้การลงทุนในตลาดเงินหรือการลงทุนในสินทรัพย์ดิจิทัลค่อนข้างจะต่ำ และผันผวนตลอดเวลาส่งผลให้นักลงทุนสนใจลงทุนในตลาดทองคำจำนวนมาก เนื่องจาก ราคาทองคำเป็นสินทรัพย์ที่มีความผันผวนต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการลงทุนในสินทรัพย์ดิจิทัล ทำให้ทองคำเป็นช่องทางหนึ่งของการลงทุนที่สามารถกระจายความเสี่ยงในการลงทุนและสามารถสร้างผลกำไรในการซื้อขายให้กับนักลงทุนในตลาดได้ (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2566)^[12]

ตารางที่ 1 สถิติราคาทองคำในประเทศไทยปี พ.ศ. 2559-2565

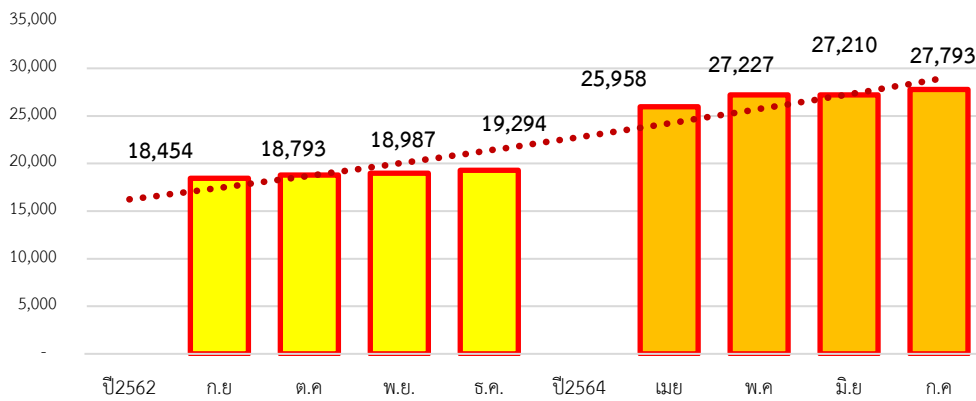
ปี	ราคาสูงสุด (บาท)	ราคาต่ำสุด (บาท)	ราคาทองคำปรับเพิ่มขึ้น/ลดลง
2565	32,100	28,250	+1,200
2564	28,950	24,450	+1,800
2563	30,400	24,650	+5,300
2559	22,800	18,200	+1,450

ที่มา : สมาคมค้าทองคำ (2563)^[9]

จากตารางที่ 1 : สถิติราคาทองคำในช่วงปี พ.ศ. 2559 ราคาทองคำสูงสุดอยู่ที่ 22,800 บาท ปรับเพิ่มขึ้น 1,450 บาทต่อมาในปี พ.ศ. 2563 เกิดสถานการณ์การแพร่ระบาดโควิด 2019 ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้มีผู้ติดเชื้อภายในประเทศเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลกระทบต่อสถานะเศรษฐกิจของประเทศ (กระทรวงสาธารณสุข, 2564)^[9] ทำให้ราคาทองคำเพิ่มสูงเป็นประวัติการณ์ถึง 30,400 บาทและปรับเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน

ในช่วงก่อนปี พ.ศ. 2562 ราคาทองคำในประเทศไทยมีเสถียรภาพเป็นอย่างมาก เนื่องจาก ราคาทองคำได้รับแรงสนับสนุนจากสถานะเศรษฐกิจของโลกและปัจจัยอื่น ๆ เช่น อัตราแลกเปลี่ยน (อัญชัชฐา สิริพันธ์วรารณ, 2561) ราคาทองคำตลาดโลก (Boonsri, 2012)^[1] และดัชนีราคาหลักทรัพย์ (Kusolpalalert, 2012)^[5] ส่งผลให้ราคาทองคำภายในประเทศมีความผันผวนในระดับต่ำ ต่อมาในช่วงหลังปี พ.ศ. 2562 เศรษฐกิจทั่วโลกเผชิญกับการแพร่ระบาดครั้งใหญ่ของโควิด 2019 ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบสาธารณสุขของประเทศ (World Health Organization, 2020) ซึ่งนำไปสู่การชะลอตัวทางเศรษฐกิจ (Ding et al, 2020)^[2] พร้อมกันนั้นความไม่แน่นอนของเศรษฐกิจในช่วงที่เกิดโรคระบาด เช่น จำนวนผู้ติดเชื้อและจำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิด 2019 (ดำรงศักดิ์ ท้าวอินทร์และคณะ, 2564)^[11] ทำให้ตลาดทองคำเป็นหลักทรัพย์ที่สามารถป้องกันความเสี่ยงที่ดีที่สุดในสายตาของนักลงทุน (Robiyanto et al, 2017)^[6] ส่งผลให้ราคาทองคำเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็นประวัติการณ์ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 เปรียบเทียบราคาทองคำในช่วงก่อนเกิดและระหว่างการแพร่ระบาดโควิด 2019



ที่มา :
สมาคมค้าทองคำ .
(2565)^[17]
จาก
ภาพที่ 1 :
ในปี พ.ศ.
2562 ช่วง
ก่อนเกิด

สถานการณ์การแพร่ระบาดโควิด 2019 ราคาทองคำเฉลี่ยของประเทศไทยเฉลี่ยอยู่ที่ 18,000 – 19,000 บาท ต่อมาประเทศไทยต้องเผชิญกับการแพร่ระบาดโควิด 2019 ส่งผลกระทบต่อราคาทองคำในประเทศไทยปรับสูงขึ้นในเดือนเมษายนอยู่ที่ 25,958 บาท และในเดือนกรกฎาคมราคาก็ยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องสูงถึง 27,793 บาท

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ทองคำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อเศรษฐกิจระดับมหภาคที่มีผลต่อราคาหุ้นในวิกฤตการณ์ทางการเงิน (Junttila et al., 2018)^[3] โดยปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อราคาทองคำในประเทศ คือ อัตราดอกเบี้ย ดัชนีราคาผู้บริโภคและราคาน้ำมัน (Sanphechudayan, 2008)^[7] ซึ่งเราจะเห็นได้ว่าราคาทองคำในประเทศถูกกำหนดมาจากหลายปัจจัยด้วยกันทั้งในด้านของเศรษฐกิจและวิกฤตที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ จากปัญหาดังกล่าวนำไปสู่คำถามวิจัยที่ว่า ปัจจัยใดที่เป็นตัวกำหนดราคาทองคำในประเทศไทยในช่วงก่อนเกิดและระหว่างการแพร่ระบาดโควิด 2019 ซึ่งผลการศึกษารั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักลงทุนและภาครัฐบาลที่สามารถนำข้อมูลไปแก้ไขปัญหาและมีส่วนร่วมกับสมาคมค้าทองคำในการกำหนดนโยบายและมาตรการในเรื่องราคาทองคำภายในประเทศ

ระเบียบวิธีการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้จะศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาทองคำในประเทศไทยช่วงก่อนเกิดและระหว่างการแพร่ระบาดโควิด 2019 โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) แบบรายวัน ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2562 ถึง วันที่ 31 กรกฎาคม 2564 โดยใช้ข้อมูลทั้งหมด 660 วันและทำการประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม STATA โดยใช้แบบจำลองถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression) และการทดสอบ Paired sample T-Test โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้สืบค้นข้อมูลมาจากเว็บไซต์ของธนาคารโลก (World bank) และ Finnomena โดยในการศึกษารั้งนี้ตัวแปรตาม คือ ราคาทองคำในช่วงก่อนเกิดโควิด (PGTP_t) และราคาทองคำในช่วงระหว่างเกิดโควิด (PGTD_t) และในส่วนของตัวแปรอิสระ ประกอบด้วย ราคาทองคำในอดีต (PGT_{t-1}) ราคาทองคำในตลาดโลก (GS) อัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ (FX) ราคาน้ำมันดิบ (WTI) ดัชนีดาวโจนส์ (DJIA) ดัชนีราคาหลักทรัพย์ (SET) และจำนวนผู้ติดเชื้อ (CASES)

ผลการศึกษา

ตารางที่ 2 การประมาณค่าสมการถดถอยพหุคูณช่วงก่อนเกิดและระหว่างการแพร่ระบาดโควิด 2019

แบบจำลองที่ 1 ก่อนเกิดโควิด 2019			แบบจำลองที่ 2 ระหว่างเกิดโควิด 2019		
	Coefficient	S.E		Coefficient	S.E
Constant	-16604.38	0.0606989	Constant	-12438.5	2707.348
PGT _{t-1}	0.3508071**	0.0606989	PGT _{t-1}	0.1030581**	0.3807
GS	9.860679**	0.798595	GS	12.11593**	0.5808335
FX	515.5085**	88.90133	FX	475.3718**	58.34669
WTI	-0.0760238	1.792401	WTI	18.33665**	5.051598
DJIA	0.0094247	0.0142085	DJIA	0.0225511	0.0475415
SET	-1.6604.38	0.3360117	SET	-1.530661	0.8754299
			CASES	0.252271**	.0079326
Adjusted R ²	0.9745		Adjusted R ²	0.9866	
R ²	0.9758		R ²	0.9883	
F-statistic	726.85		F-statistic	602.23	
Durbin Watson = 2.271			Durbin Watson = 1.640		

ที่มา : จากการคำนวณ

หมายเหตุ : ** ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 2 ในการทดสอบสมการถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regressions) พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ในแบบจำลองที่ 1 เท่ากับ 0.9758 และแบบจำลองที่ 2 เท่ากับ 0.9883 แสดงว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของราคาทองคำในประเทศไทยช่วงก่อนเกิดโควิด 2019 ได้ร้อยละ 97.58 และระหว่างการแพร่ระบาดของโควิด 2019 ได้ร้อยละ 98.83 ตามลำดับ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบปัญหา Durbin Watson และ Multicollinearity พบว่า แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาทั้งสองแบบจำลองไม่พบการเกิดปัญหา Durbin Watson และ Multicollinearity ทำให้แบบจำลองมีความเหมาะสมที่ใช้ในการวิเคราะห์ในลำดับถัดไป โดยผลการศึกษาพบว่า

ราคาทองคำในอดีต (PGT_{t-1}) มีอิทธิพลต่อราคาทองคำในช่วงก่อนเกิดโควิด (PGT_{t-1}) และราคาทองคำในช่วงระหว่างเกิดโควิด (PGT_{t-1}) ในทิศทางเดียวกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 สอดคล้องกับผลการศึกษาปีนอนงค์ วัยเจริญ (2552)^[14] กล่าวว่า นักลงทุนจะมีความคาดหวังกับพฤติกรรมของราคาทองคำในอดีตซึ่งจะเป็นตัวกำหนดราคาทองคำ ณ เวลาปัจจุบัน หากราคาทองคำในอดีตบ่งชี้ว่า ราคาทองคำมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงก่อนเกิดโควิดและช่วงการระบาดของโควิด 2019 ความคาดหวังเหล่านี้สามารถส่งผลกระทบต่อจิตใจของนักลงทุนแต่ในการศึกษาของปริญา ธรีภาพไพบุลย์ (2549)^[13] มองแตกต่างจากการศึกษาก่อนหน้า เนื่องจาก ราคาทองคำในอดีตส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงราคาในปัจจุบันค่อนข้างน้อยแสดงให้เห็นว่า ข้อมูลในอดีตไม่ได้เกี่ยวข้องอย่างสมบูรณ์ต่อพฤติกรรมในปัจจุบันและในมุมมองของผู้วิจัยมองว่า ราคาทองคำในอดีตเป็นตัวบ่งชี้ของราคาทองคำ ณ ช่วงเวลาปัจจุบัน เนื่องจาก ราคาทองคำเป็นสินทรัพย์ที่ขึ้นอยู่กับอุปสงค์และอุปทานในตลาด ถ้าหากราคาทองคำในอดีตได้รับความนิยมนักลงทุนในการซื้อเก็บไว้เพื่อเก็งกำไรก็จะส่งผลให้ราคาทองคำ ณ ช่วงเวลาปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นตามกลไกของตลาด

ราคาทองคำในตลาดโลก (GS) มีอิทธิพลต่อราคาทองคำในช่วงก่อนเกิดโควิด (PGTP_t) และราคาทองคำในช่วงระหว่างเกิดโควิด (PGTD_t) ในทิศทางเดียวกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 สอดคล้องกับผลการศึกษาของอัญชิษฐา สิริพันธ์วรารณ (2561) และอัศศภาศย์ เอกวรานิชิรมย์ (2562) ^[18] กล่าวว่า การกำหนดราคาทองคำในประเทศไทยขึ้นอยู่กับราคาทองคำตลาดโลกเป็นหลัก ทำให้ราคาทองคำในประเทศผันแปรตามราคาตลาดโลก ซึ่งราคาทองคำในตลาดโลกเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ เช่น การแพร่ระบาดโควิด 2019 ทั่วโลก ทำให้ราคาทองคำตลาดโลกปรับสูงขึ้นและทองคำในประเทศไทยมีราคาสูงขึ้นอย่างรวดเร็วมาจากการปรับตัวของราคาทองคำในตลาดโลกและผลการศึกษารั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Boonsri (2012) ^[1] พบว่า ราคาทองคำของตลาดโลกและราคาทองคำของประเทศไทยมีความสัมพันธ์เชิงดูลยภาพระยะยาวซึ่งกันและกันและมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ในมุมมองของผู้วิจัยมองว่าการระบาดใหญ่ของโควิด-2019 ทำให้ห่วงโซ่อุปทานทั่วโลกหยุดชะงัก เช่น การขนส่งทองคำหรือผู้ประกอบการจะต้องปิดเมืองชั่วคราวส่งผลกระทบต่ออุปทานทองคำทั่วโลก ดังนั้นการหยุดชะงักของอุปทานโลกส่งผลให้อุปทานทองคำทั่วโลกลดลง เมื่ออุปทานลดลงในขณะที่อุปสงค์เพิ่มขึ้นราคาทองคำในตลาดโลกมีแนวโน้มสูงขึ้นส่งผลต่อราคาทองคำของไทยตามไปด้วย

อัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ (FX) มีอิทธิพลต่อราคาทองคำในช่วงก่อนเกิดโควิด (PGTP_t) และราคาทองคำในช่วงระหว่างเกิดโควิด (PGTD_t) ในทิศทางเดียวกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 สอดคล้องกับผลการศึกษาอัญชิษฐา สิริพันธ์วรารณ (2561) และการศึกษาวินวิสาข์ รัฐฉะลิม และ ปริดาภรณ์ กาญจนสำราญวงศ์ (2561) ^[16] กล่าวว่า ในช่วงเงินดอลลาร์สหรัฐอ่อนตัวลงเมื่อเทียบกับเงินบาท ทำให้ราคาทองคำในประเทศมีแนวโน้มที่จะปรับเพิ่มขึ้น เพราะ ค่าเงินดอลลาร์สหรัฐเป็นสกุลเงินที่มีการใช้กันหลายประเทศ ส่งผลให้ค่าเงินดอลลาร์สหรัฐมีความผันผวนกับราคาทองคำ ดังนั้นในช่วงก่อนเกิดและระหว่างการแพร่ระบาดโควิด 2019 ค่าเงินดอลลาร์สหรัฐอ่อนตัวลง จะส่งผลดีกับราคาทองคำทำให้กระแสเงินของแต่ละประเทศไหลเข้าสู่ทองคำทำให้ราคาทองคำมีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นและสอดคล้องกับผลการศึกษาของ พจนา คำจริง (2552) ^[15] ที่ทำการศึกษาเรื่องราคาทองคำก่อนเกิดวิกฤตการณ์ เนื่องจาก ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นหนึ่งในประเทศที่ทำการผลิตทองคำมากที่สุด ดังนั้นการนำเข้าทองคำจากสหรัฐอเมริกานั้นทำให้มีอัตราแลกเปลี่ยนมีผลต่อการกำหนดราคาทองคำ ทำให้ราคาทองคำในประเทศไทยนั้นผันแปรตาม ถ้าหากค่าเงินของดอลลาร์สหรัฐจะส่งผลต่ออัตราแลกเปลี่ยนดอลลาร์แข็งค่าก็จะทำให้ราคาทองคำสูงขัดแย้งกับผลการศึกษาของ Pulvermacher et al. (2007) ^[4] ที่บอกว่า อัตราแลกเปลี่ยนไม่มีผลต่อราคาทองคำ ณ ช่วงเวลาปัจจุบันซึ่งในมุมมองของผู้วิจัยมองว่า อัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐมีอิทธิพลต่ออุปสงค์ทองคำ เมื่อเงินบาทแข็งค่าขึ้นเมื่อเทียบกับดอลลาร์สหรัฐโดยทั่วไปจะบ่งชี้ถึงเศรษฐกิจและสกุลเงินในประเทศที่แข็งค่าขึ้น สิ่งนี้สามารถกระตุ้นความเชื่อมั่นของนักลงทุนส่งผลให้นำไปสู่ความต้องการทองคำในประเทศไทยที่เพิ่มขึ้น เมื่ออุปสงค์เพิ่มขึ้นก็สามารถนำไปสู่แรงกดดันต่อราคาทองคำในตลาดภายในประเทศที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

จำนวนผู้ติดเชื้อ Covid (CASES) มีอิทธิพลต่อราคาทองคำในช่วงระหว่างเกิดโควิด (PGTD_t) ในทิศทางเดียวกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาดารงค์ดี ท้าวอินทร์และคณะ (2564) ^[11] กล่าวว่า จำนวนผู้ติดเชื้อโควิดในประเทศไทยส่งผลต่อการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ลดลง เมื่อจำนวนผู้ติดเชื้อเพิ่มขึ้นเนื่องจากค่าเงินบาทที่อ่อนค่าลงส่งผลให้ราคาทองคำภายในประเทศปรับขึ้นมากกว่าราคาทองคำในตลาดโลก ในขณะที่สถานการณ์การแพร่ระบาดรุนแรงขึ้นจึงทำให้ราคาทองคำปรับขึ้นอย่างต่อเนื่องและจำนวนผู้ติดเชื้อเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากส่งผลให้ความต้องการซื้อทองคำของประชาชนลดลงซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Takyi and Bentum-Ennin (2021) ^[8] ที่นำตัวแปรจำนวนผู้ติดเชื้อและจำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิดมาวิเคราะห์ร่วมกับตลาดหุ้นทั่วโลก พบว่า จำนวนผู้ติดเชื้อและจำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิดมีผลกระทบต่อราคาตลาดหุ้นทั่วโลกปรับตัวลดลงซึ่งเกิดจากมาจากความผันผวนของราคาและความเชื่อมั่นของนักลงทุนและในการศึกษาของ จินฉา อินชุงษ์ (2564) ^[10] พบว่า

ผลกระทบจากการแพร่ระบาดของโควิด 2019 ส่งผลทางลบต่อตลาดหุ้นไทยในช่วงระหว่างวันที่ 12 มีนาคม ถึง 10 พฤษภาคม 2563 มากที่สุด ดังนั้นจากผลการศึกษาค้นคว้าวิจัยมีความคิดเห็นว่า หากจำนวนผู้ติดเชื้อทั่วโลกมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลให้นักลงทุนขาดความเชื่อมั่นทางการเงินส่งผลกระทบต่อนักลงทุนในประเทศไทยมีความต้องการซื้อ (Demand) ทองคำมากขึ้น เนื่องจาก ทองคำเป็นสินทรัพย์ที่มีความปลอดภัยรวมไปถึงทองสามารถใช้เป็นหลักประกันความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในระบบเศรษฐกิจ และนักลงทุนสามารถเก็บไว้เพื่อสร้างมูลค่าให้กับทองคำในอนาคต ดังนั้นความต้องการทองคำที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจะส่งผลให้ราคาทองคำในประเทศปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบราคาทองคำในประเทศไทยภายใต้สถานการณ์ช่วงก่อนเกิดและระหว่างการแพร่ระบาดของโควิด 2019

Variables	Mean	Standard Error	Std.Deviation
GOLDTH ก่อน	21318.39	38.25688	356.8365
GOLDTH ระหว่าง	27063.79	88.47172	825.2093
Difference	-5745.402	113.0919	1054.851
Prob.> 0.000		t-test -50.8029	

ที่มา : จากการคำนวณ

จากตารางที่ 3 : แสดงผลการศึกษาเปรียบเทียบราคาทองคำช่วงก่อนเกิดและระหว่างการแพร่ระบาดของโควิด2019 ด้วยวิธี Paired Samples T-Test ผลการศึกษาพบว่า ราคาทองคำช่วงก่อนเกิดและระหว่างการแพร่ระบาดของโควิด 2019 มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน อย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยที่ราคาทองคำช่วงระหว่างการแพร่ระบาดของโควิด 2019 มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าราคาทองคำก่อนเกิดการแพร่ระบาดของโควิด 2019 ประมาณ 5,745.402 บาท เนื่องจาก สถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด 2019 ทำให้ราคาทองคำมีการปรับสูงขึ้นอย่างเป็นประวัติศาสตร์ โดยมีราคาน้ำมันดิบเป็นตัวที่ทำให้เกิดภาวะเงินเฟ้อ ราคาน้ำมันเพิ่มขึ้นภาวะเงินเฟ้อก็เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ราคาทองคำถูกปรับสูงขึ้น

สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาทองคำในประเทศไทยในช่วงก่อนเกิดและระหว่างการแพร่ระบาดของโควิด 2019 โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) แบบรายวัน ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2562 ถึง 31 กรกฎาคม 2564 ซึ่งแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา คือ สมการถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression) และการทดสอบ Paired sample T-Test ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อราคาทองคำช่วงก่อนเกิดและระหว่างการแพร่ระบาดของโควิด 2019 ในทิศทางบวก คือ ราคาทองคำในอดีต ราคาทองคำในตลาดโลก และอัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ นอกจากนี้ปัจจัยทางด้านราคาน้ำมันดิบและจำนวนผู้ติดเชื้อ Covid-19 มีผลต่อราคาทองคำในช่วงระหว่างการแพร่ระบาดของโควิด 2019 และผลจากการเปรียบเทียบราคาทองคำ พบว่า ค่าเฉลี่ยของราคาทองคำในช่วงก่อนเกิดและระหว่างการแพร่ระบาดของโควิด 2019 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ดังนั้น รัฐบาลควรมีนโยบายเพื่อป้องกันความผันผวนที่อาจเกิดขึ้นจากราคาทองคำในตลาดโลก และอัตราแลกเปลี่ยนที่อาจส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นของนักลงทุนภายในประเทศรวมถึงนักลงทุนควรพิจารณาระยะเวลาในการเลือกลงทุนในราคาทองคำให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น และควรคาดการณ์ในแนวโน้มของราคาทองคำในอนาคตเพื่อลดความเสี่ยงในการลงทุนในทองคำ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Boonsri, S. (2012). **A study of factors affecting the price of gold and gold future price forecast to advance by ARIMA method.** (Master's thesis, Khon Kaen University, Thailand).
- [2] Ding, W., Levine, R., Lin, C., & Xie, W. (2020). **Corporate immunity to the COVID-19 pandemic.** In NBER Working Paper.
- [3] Junttila, J., Pesonen, J., & Raatikainen, J. (2018). **Commodity market-based hedging against stock market risk in times of financial crisis: The case of crude oil and gold.** *Journal of International*
- [4] Katharine Pulvermacher, Natalie Dempster, John Mulligan. 2007. **Gold Investment Digest.** World Gold Council. January 24, 2013, from <https://www.goldpricethai.com>
- [5] Kusolpalalert, A. (2012). **The relationship among set index, gold price, government bond yields, and treasury bill rates: Evidence from Thailand.** (Unpublished master's thesis, Assumption University, Bangkok, Thailand)
- [6] Robiyanto, R., Wahyudi, S., & Pangestuti, I. R. D. (2017a). **The volatility-variability hypotheses testing and hedging effectiveness of precious metals for the Indonesian and Malaysian capital markets.** *Gadjah Mada International Journal of Business*, 19(2), 167
- [7] Sanphechudayan, K. (2008). **Factors determining gold bullion price in Thailand.** (Master's thesis, Ramkhamhaeng University, Bangkok, Thailand). Retrieved from <http://www.thailis.or.th>.
- [8] Takyi, P. O., & Bentum-Ennin, I. (2021). **The impact of COVID-19 on stock market performance in Africa: A Bayesian structural time series approach.** *Journal of Economics and Business*, 115, 105968.
- [9] กระทรวงสาธารณสุข. (2563). **รายงานผลการทบทวนสถานการณ์โรคโควิด-19และมาตรการควบคุมป้องกันในระดับโลกและในประเทศไทย.** สืบค้นเมื่อวันที่ 11 มกราคม 2566, จาก <https://ddc.moph.go.th>.
- [10] จินฉา อินชูปงษ์. (2565). **ผลกระทบของการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019.** สืบค้น เมื่อ 5 มกราคม 2566
- [11] ดำรงค์ดี ท้าวอินทร์ตะและคณะ (2565). **ปัจจัยทางเศรษฐกิจภายใต้ภาวะการแพร่ระบาดของ COVID-19 ที่มีผลกระทบต่อหลักทรัพย์ในกลุ่มดัชนี SET WELL-BEING INDEX (SETWB).** *วารสารวิชาการวิทยาลัยสันตพล*, 8(2), 25-34.
- [12] ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2566). **“ทองคำ” สินทรัพย์ที่มีค่าในช่วงเศรษฐกิจขาลง.** สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2566, จาก <https://www.bot.or.th>.
- [13] ปริญญา ชีรภาพไพบุลย์. 2549. **ผลกระทบของปัจจัยทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อราคาทองคำในตลาดโลก.** งานวิจัย เฉพาะเรื่อง เศรษฐศาสตร์มหากบัติติต(เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [14] ปิ่นอนงค์ วยเจริญ และ พชรี ทองเสริม. (2552). **ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเคลื่อนไหวของราคาทองคำแห่งประเทศไทย (Doctoral dissertation, มหาวิทยาลัย ศิลปากร).**
- [15] พจนา คำจริง. 2552. **ปัจจัยกำหนดราคาทองคำแห่งประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

- [16] วันวิสาข์ รัฐแฉล้มและปรีดาภรณ์ กาญจนสำราญวงศ์. (2562). **ปัจจัยที่มีผลต่อราคาทองคำแห่งประเทศไทย**. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี, 21(1), 155-165.
- [17] สมาคมค้าทองคำ. (2565). **คุณสมบัติ และประโยชน์ ของทองคำ**. สืบค้นวันที่ 25 ธันวาคม 2565, จาก <https://www.goldtraders.or.th>.
- [18] อัศภคย์ เอกวารานิธิรมย์. (2562). **ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อราคาทองคำภายในประเทศไทยกรณีเกิดวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจ**.

ความสัมพันธ์ดุลยภาพระยะยาวและดุลยภาพระยะสั้นระหว่างการใช้จ่ายภาครัฐกับรายได้ประชาชาติ
ภายใต้สมมติฐานของวากเนอร์ กรณีศึกษาประเทศไทย

นุรัญต้า ทลีหนูต¹ และ พงศภัค แซ่เลี้ยว²

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาดุลยภาพระยะยาวและระยะสั้นระหว่างการใช้จ่ายภาครัฐบาลกับรายได้ประชาชาติ โดยลักษณะข้อมูลเป็นอนุกรมเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503-2564 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ประกอบด้วย 1.) Granger Causality Test 2.) Cointegration Test และ 3.) Error Correction Model ผลการศึกษาพบว่า ค่าใช้จ่ายภาครัฐบาลและรายได้ประชาชาติมีความสัมพันธ์เชิงเหตุผลซึ่งกันและกันและจากการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ตัวแปรทั้งสองที่ใช้ในการศึกษามีความสัมพันธ์กันในดุลยภาพระยะยาวและดุลยภาพระยะสั้น ดังนั้นจึงสรุปผลการศึกษาได้ว่า ประเทศไทยมีความเหมาะสมกับการใช้แนวคิดทฤษฎีของวากเนอร์มากกว่าทฤษฎีของเคนส์ เนื่องจาก โครงสร้างทางเศรษฐกิจของประเทศไทยจัดอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีฐานรายได้ปานกลาง ทำให้การกำกับดูแลจากภาครัฐบาลจึงมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ รวมไปถึงการขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจของประเทศไทยจำเป็นต้องใช้งบประมาณในการใช้จ่ายที่สูงไม่ว่าจะเป็นในด้านของกิจกรรมทางเศรษฐกิจรวมถึงสวัสดิการทางสังคม ส่งผลให้รัฐบาลไทยต้องใช้รายได้ประชาชาติในการกำหนดวงเงินงบประมาณในการใช้จ่ายมากกว่าการใช้งบประมาณของรัฐบาลในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ ดังนั้น ภาครัฐบาลใช้จะต้องกำหนดงบประมาณรายจ่ายของภาครัฐให้เหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจ ณ ช่วงเวลาปัจจุบันพร้อมทั้งจัดสรรงบประมาณบางส่วนเพื่อรองรับกับสถานการณ์ที่ไม่สามารถคาดการณ์ในอนาคต

คำสำคัญ: การใช้จ่ายภาครัฐ รายได้ประชาชาติ อนุกรมเวลา

The long-term and short-term equilibrium relationship between government expenditure and national income under Wagner's hypothesis in a case study of Thailand

Nuranda Leenuud¹ and Pongsapak Saeliow²

Abstract

The objective of this research is to the long-term and short-term equilibrium relationship between government expenditure and national income. The researcher uses the time series between 1960-2021. The researcher uses 3 models as follows: 1.) Granger Causality Test 2.) Cointegration Test and 3.) Error Correction Model. The results show that government expenditure and national income are logically related to each other. Hypothesis testing reveals that both variables are related in long-term and short-term equilibrium. It can be concluded that Thailand is more suited to Wagner's theory than Keynesian theory. Because the economic structure of Thailand is in the group of middle-income countries. Government supervision plays an important role in national development. Thailand's economic drive requires a high budget for economic activities and social welfare. As a result, the Thai government has to rely on national income to set a limit for expenditure rather than using the government budget to drive the country's economy. Therefore, the government must set expenditures appropriate to the current economic conditions and allocate some budget to deal with any unexpected situations in the future.

Keywords: Government spending, Gross Domestic Product, time series

ที่มาและความสำคัญ

การใช้จ่ายภาครัฐบาลเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการบริหารประเทศ การดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของรัฐบาลจะต้องมีรายจ่าย โดยปกติรัฐบาลจะดำเนินการใช้จ่ายตามแผนที่กำหนดไว้ในงบประมาณประจำปี ในระบบเศรษฐกิจการใช้จ่ายของรัฐบาลมีความสำคัญอย่างมาก เพราะรัฐบาลเป็นผู้ใช้จ่ายรายใหญ่ของประเทศรายหนึ่ง การที่รัฐบาลเพิ่มหรือลดค่าใช้จ่ายจะมีผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจ (นคร ยิ้มศิริวิวัฒน์.2548)^[7] การใช้จ่ายภาครัฐในช่วงปีที่ผ่านมาแนวโน้มสูงขึ้น มีการเบิกจ่ายรายจ่ายจริงจำนวน 3,012,143.4 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 91.7 ของงบจัดสรรถือจ่ายปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 โดยใช้จ่ายเพิ่มขึ้นจากปีงบประมาณ พ.ศ.2563 จำนวน 68,292.4 ล้านบาท และจากการเปรียบเทียบรายจ่ายประจำและรายจ่ายลงทุน พบว่า สัดส่วนของรายจ่ายประจำต่อวงเงินงบประมาณมีสัดส่วนที่สูงประมาณร้อยละ 75.6 มีรายจ่ายลงทุนเพียงร้อยละ 13.0 (สถิติการคลัง.2564)^[8] ดังนั้น หากช่วงเวลาต่อมารายจ่ายประจำมีแนวโน้มสูงขึ้นอาจทำให้กรอบวงเงินมาตรการกระตุ้นเศรษฐกิจยามจำเป็นลดลงรวมถึงการจัดสรรงบประมาณ เพื่อใช้ในการลงทุนของภาครัฐในการผลักดันนโยบายที่จะยกระดับศักยภาพเศรษฐกิจไทยได้ในระยะยาวจะอยู่ในกรอบที่จำกัด

รายได้ประชาชาติมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศโดยจะชี้ให้เห็นถึงระดับกิจกรรมของระบบเศรษฐกิจ อัตราการเติบโตและฐานะทางเศรษฐกิจในประเทศหนึ่ง ๆ โดยตัวเลขรายได้ประชาชาติของประเทศไทยในปี 2564 มีมูลค่าถึง 15,590,257 ล้านบาท ซึ่งขยายตัวร้อยละ 1.8 และรายได้ประชาชาติเฉลี่ยต่อคนต่อปีมีมูลค่า 223,715 บาท เพิ่มขึ้นจากมูลค่า 220,368 บาทในปี 2563 (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.2564)^[9] ดังนั้น ตัวเลขรายได้ประชาชาติเป็นดัชนีที่ชี้ให้เห็นถึงระดับการพัฒนารวมทั้งความมั่งคั่งหรือความยากจนของระบบเศรษฐกิจในประเทศ และตัวเลขรายได้ประชาชาติยังใช้เป็นตัวเปรียบเทียบฐานะทางเศรษฐกิจของประเทศกับประเทศต่าง ๆ รวมทั้งใช้เป็นเครื่องมือกำหนดนโยบายทางเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จของนโยบายต่าง ๆ ที่ได้ดำเนินการไปแล้ว (สุกัญญา ตันธนวัฒน์ และคณะ.2552)^[10]

แนวคิดทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์มหภาคเกี่ยวกับนโยบายการคลังว่าด้วยรายจ่ายของภาครัฐบาล ส่วนใหญ่มีแนวความคิดที่ว่า รายจ่ายของรัฐบาลเป็นองค์ประกอบหนึ่งของรายได้ประชาชาติซึ่งการใช้จ่ายของรัฐบาลเป็นการปล่อยเงินเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจส่งผลให้ระดับรายได้ประชาชาติภายในประเทศเพิ่มสูงขึ้น (Keynes, 1936)^[4] ในทางตรงกันข้ามมีแนวความคิดอีกด้านหนึ่งที่อธิบายว่า การขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศที่เพิ่มขึ้นจะเป็นตัวกำหนดการใช้จ่ายของรัฐบาลภายในประเทศที่เพิ่มสูงขึ้น (Adolph Wagner, 1883)^[5] เพราะ ประเทศที่มีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ดีขึ้น จะทำให้ภาครัฐบาลสามารถเก็บภาษีที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะมีผลต่อการกำหนดวงเงินงบประมาณในการใช้จ่ายของภาครัฐในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ โดยประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่มีขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง ทำให้การจัดสรรงบประมาณใช้จ่ายภาครัฐจึงมีความสำคัญในการขับเคลื่อนในด้านของ โครงสร้างพื้นฐานทางเศรษฐกิจ การศึกษารวมไปถึงสวัสดิการสังคม

จากปัญหาดังกล่าวนำไปสู่คำถามวิจัยที่ว่า ในดุลยภาพระยะยาวและระยะสั้นการใช้จ่ายภาครัฐบาลกับรายได้ประชาชาติมีความสัมพันธ์กันอย่างไร โดยวัตถุประสงค์การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ การศึกษาความสัมพันธ์ดุลยภาพระยะยาวและระยะสั้นระหว่างการใช้จ่ายภาครัฐบาลกับรายได้ประชาชาติ โดยประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ คือ รัฐบาลมีการวางแผนทิศทางการใช้จ่ายที่เหมาะสม ตลอดจนการกำหนดนโยบายให้สอดคล้องกับวิกฤติทางเศรษฐกิจในขณะนั้น ซึ่งการวางแผนการใช้จ่ายภาครัฐบาลเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างยิ่งในการดำเนินนโยบายทางเศรษฐกิจให้บรรลุเป้าหมายทางเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจาก รายจ่ายของรัฐบาลก่อให้เกิดผลกระทบต่อเศรษฐกิจในภาพรวม โดยเฉพาะระดับรายได้ประชาชาติและช่วยให้รัฐบาลทราบถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่มากำหนดการใช้จ่ายของรัฐบาลไทยในปัจจุบันเพื่อวิเคราะห์แนวโน้มของอนาคตในการบริหารประเทศ

ระเบียบวิธีวิจัย

รูปแบบการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่มีลักษณะเป็นภาคอนุกรมเวลา (Time series) ของประเทศไทยเป็นข้อมูลรายปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503-2564 โดยสืบค้นข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ และได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป E-view เพื่อวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของตัวแปรต่าง ๆ ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ในแบบจำลอง โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรการใช้จ่ายภาครัฐกับรายได้ประชาชาติว่ามีความสัมพันธ์เชิงเหตุภาพกันหรือไม่ ซึ่งจะทดสอบในรูปแบบของ Granger Causality Test ดังนี้

$$\Delta Gov_t = \alpha_0 \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta Gov_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta GDP_{t-i} + e_t \quad (1)$$

$$\Delta GDP_t = \alpha_0 \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta GDP_{t-i} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Gov_{t-i} + e_t \quad (2)$$

2. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ดุลยภาพระยะยาวระหว่างตัวแปรการใช้จ่ายภาครัฐกับรายได้ประชาชาติ โดยใช้การทดสอบ Cointegration test ซึ่งมีรูปแบบสมการ ดังนี้

$$Gov_t = \alpha_0 + GDP_{i,t} + \varepsilon_{i,t} + \sum_{i=1}^p \phi_j \varepsilon_{i,t-j} \quad (3)$$

$$GDP_t = \alpha_0 + Gov_{i,t} + \varepsilon_{i,t} + \sum_{i=1}^p \phi_j \varepsilon_{i,t-j} \quad (4)$$

3. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ดุลยภาพระยะสั้นระหว่างตัวแปรการใช้จ่ายภาครัฐกับรายได้ประชาชาติ โดยใช้การทดสอบ Error Correction Model ซึ่งมีรูปแบบสมการ ดังนี้

$$\Delta Gov_{i,t} = \alpha_0 + \beta_t \Delta(GDP_t) + \gamma \hat{\varepsilon}_{i,t} + \mu_t \quad (5)$$

$$\Delta GDP_{i,t} = \alpha_0 + \beta_t \Delta(Gov_t) + \gamma \hat{\varepsilon}_{i,t} + \mu_t \quad (6)$$

ผลการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย (1) การทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Unit root test) (2) การทดสอบความเป็นเหตุเป็นผลกันของการใช้จ่ายภาครัฐกับรายได้ประชาชาติ (Granger Causality Tests) (3) การทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว (Cointegration) (4) การทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะสั้น (Error Correlation Model)

ตารางที่ 1 การทดสอบความเป็นเหตุเป็นผลระหว่างการใช้ภาครัฐ (Gov) กับ รายได้ประชาชาติ (GDP)

ตัวแปร	F-test	ความล่าช้า (lag)	ADF
Gov→GDP	1.990*	5	0.0001***
GDP→Gov	2.572**	5	0.0002***

หมายเหตุ : * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 *** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

จากตารางที่ 1 : ผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Unit Root test) โดยใช้เทคนิคของ Augmented Dickey-Fuller test (ADF-test) พบว่า ตัวแปรที่นำมาทดสอบทั้งหมดมีค่า ADF test at level มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤตของ MacKinnon ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 ดังนั้น ตัวแปรที่นำมาทดสอบทั้งหมดไม่มี Unit root test หรือข้อมูลมีลักษณะนิ่ง (Stationary) ที่ระดับ I (0)

ในการทดสอบความเป็นเหตุเป็นผล (Granger Causality Tests) ระหว่างการใช้ภาครัฐ (Gov) กับ รายได้ประชาชาติ (GDP) จากการศึกษาพบว่า การใช้จ่ายภาครัฐบาลและรายได้ประชาชาติมีความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลซึ่งกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และ 0.10 ตามลำดับ ดังนั้น รายได้ประชาชาติ (GDP) ควรเป็นตัวกำหนดการใช้จ่ายภาครัฐบาล (Gov) ซึ่งสอดคล้องแนวคิดของ Wagner (1883)^[5] และ ผลการศึกษาของธนวรรณ พลวิชัยและคณะ (2557)^[6] และ Al-Hakimi (2002)^[2] ที่กล่าวว่า การใช้จ่ายภาครัฐ (Gov) กับ รายได้ประชาชาติ (GDP) เป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งกันและกัน

ตารางที่ 2 : การทดสอบดุลยภาพระยะยาว (Cointegration Test) ระหว่างการใช้ภาครัฐ (Gov) กับ รายได้ประชาชาติ (GDP)

ตัวแปรตาม	ค่าคงที่	ตัวแปรอิสระ	DW	ADF (residual)	R ²
Gov	765.15	796.37***GDP	1.964	-5.815***	0.758
GDP	10.10	0.001*** Gov	1.691	-5.771***	0.760

หมายเหตุ : * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 *** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

จากตารางที่ 2 : จากผลการศึกษาผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบของตัวแปรทั้ง 2 ตัว จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของรายได้ประชาชาติ (GDP) จะมีผลกระทบในระดับที่สูงต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายภาครัฐบาล (Gov) หมายความว่า เมื่อรายได้ประชาชาติเพิ่มขึ้น 1หน่วยจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายภาครัฐบาลเพิ่มขึ้น 765.17 บาท และหากทำการพิจารณาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นดังกล่าวว่ามีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว (Cointegration) กันจริงหรือไม่ ผลการศึกษา พบว่า จากการศึกษาทดสอบความนิ่งของส่วนที่เหลือจากสมการถดถอย(Residual) ด้วยวิธี Augmented Dicky Fuller test ผลการศึกษาพบว่า ค่า ADF-Test of residual ของการใช้จ่ายภาครัฐ (Gov) มีค่าเท่ากับ -5.771 และ ADF-Test of residual ของรายได้ประชาชาติ (GDP) มีค่าเท่ากับ -5.815 แสดงว่า การใช้จ่ายภาครัฐ (Gov) กับ รายได้ประชาชาติ (GDP) มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวซึ่งกันและกัน

ตารางที่ 3 การทดสอบดุลยภาพระยะสั้น (Error Correction Model) ระหว่างการใช้ภาครัฐ (Gov) กับ รายได้ประชาชาติ (GDP)

สมการ	Coefficient	R ²	DW
1	$D(\text{Gov}) = 0.227 + 0.013d(\text{GDP})^{***} - 0.15\hat{e}_{t-1}^{***}$ (0.0053) (0.0080) (0.0080)	0.31	1.72
2	$D(\ln(\text{Gov})) = 0.028 + 0.399d(\ln_GDP)^{***} - 0.13\hat{e}_{t-1}^{***}$ (0.0003) (0.0000) (0.0076)	0.32	1.90
3	$D(\text{GDP}) = 142.360 + 149.32d(\text{Gov})^{***} - 0.03\hat{e}_{t-1}^{***}$ (0.0001) (0.0043) (0.00179)	0.25	2.11

4	$D(\ln(\text{GDP})) = 0.079 + 0.765d(\ln_Gov) - 0.01\hat{e}_{t-1}$ <p style="text-align: center;">(0.0000) (0.0002) (0.0000)</p>	0.23	1.96
---	---	------	------

หมายเหตุ : * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 *** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

จากตารางที่ 3 : ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะสั้น (Error Correction Model) โดยการพยากรณ์ค่าสัมประสิทธิ์ของค่าความคลาดเคลื่อน (Error term) พบว่า แบบจำลองทั้ง 4 แบบจำลอง มีค่าสัมประสิทธิ์ของค่าความคลาดเคลื่อนติดลบ หมายความว่า เมื่อระบบเศรษฐกิจของประเทศเกิดการรบกวน (shock) ไม่ว่าจะเกิดในด้านของอุปสงค์ (Demand shock) หรือด้านของอุปทาน (Supply shock) ที่ส่งผลกระทบต่อค่าความคลาดเคลื่อนที่เบี่ยงเบนไปจากดุลยภาพ ค่าความคลาดเคลื่อนเหล่านั้นจะถูกปรับให้เข้าสู่ดุลยภาพเดิม โดยผู้วิจัยได้พยากรณ์ค่าความเร็วในการปรับตัวของการใช้จ่ายภาครัฐ (Gov) ในการเข้าสู่ดุลยภาพเดิม (ในรูปแบบทั่วไปและรูปแบบของอัตราการเปลี่ยนแปลง) ผลการศึกษาพบว่า ความเร็วในการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพของตัวแปรการใช้จ่ายภาครัฐ (Gov) จะมีความเร็วในการปรับตัวประมาณ 13-15 เดือนและในส่วน of ตัวแปรรายได้ประชาชาติ (GDP) (ในรูปแบบทั่วไปและรูปแบบของอัตราการเปลี่ยนแปลง) จะมีความเร็วในการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพประมาณ 1-3 เดือน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 แสดงว่า การใช้จ่ายภาครัฐ (Gov) กับรายได้ประชาชาติ (GDP) มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะสั้นซึ่งกันและกัน

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาค้นคว้ามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ดุลยภาพเชิงระยะสั้นและระยะยาวระหว่างการใช้จ่ายภาครัฐกับรายได้ประชาชาติ โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่มีลักษณะเป็นอนุกรมเวลา (Time series) ของประเทศไทยเป็นข้อมูลรายปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503-2564 โดยแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย 1.) Granger Causality Tests 2.) Cointegration Test 3.) Error Correction Model ผลการศึกษาพบว่า การใช้จ่ายภาครัฐบาลกับรายได้ประชาชาติมีความสัมพันธ์เชิงเหตุผลซึ่งกันและกัน หมายความว่า การใช้จ่ายภาครัฐบาลสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของรายได้ประชาชาติและรายได้ประชาชาติก็สามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของการใช้จ่ายภาครัฐบาลได้เหมือนกัน โดยที่ประเทศไทยจะมีความเหมาะสมกับการใช้แนวคิดทฤษฎีของวากเนอร์มากกว่าเคนส์ซึ่งขัดแย้งกับผลการศึกษาของ Afxentiu & Serletis (1991)^[1] และ Alimi (2014)^[3] พบว่า ตัวแปรค่าใช้จ่ายภาครัฐบาลและรายได้ประชาชาติไม่มีความสัมพันธ์เชิงเหตุผลซึ่งกันและกัน ทำให้แนวคิดของวากเนอร์จึงไม่เหมาะสมในการใช้วิเคราะห์เศรษฐกิจภายในประเทศแต่ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของธนวรรธน์ พลวิชัยและคณะ (2557)^[6] และ Al-Hakimi (2002)^[2] จากผลการศึกษาผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า โครงสร้างทางเศรษฐกิจของประเทศไทยจัดอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีฐานรายได้ปานกลาง ทำให้การกำกับดูแลจากภาครัฐบาลจึงมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศรวมไปถึงการขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจของประเทศไทยจำเป็นต้องใช้งบประมาณในการใช้จ่ายที่สูงไม่ว่าจะเป็นในด้านของกิจกรรมทางเศรษฐกิจ การแก้ปัญหาปากท้องของประชาชนรวมไปถึงการสร้างสวัสดิการทางเศรษฐกิจที่ดีส่งผลให้รัฐบาลไทยใช้รายได้ประชาชาติในการกำหนดวงเงินงบประมาณในการใช้จ่ายมากกว่าการใช้งบประมาณของรัฐบาลในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย

ผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถบ่งชี้ให้เห็นว่า การใช้จ่ายภาครัฐบาลและรายได้ประชาชาติของประเทศไทยมีความสัมพันธ์กันในระยะยาวและดุลยภาพระยะสั้นซึ่งความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นเป็นความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 หากประเทศไทยเกิดสถานการณ์ที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ (Shock) ในระบบเศรษฐกิจไม่ว่าจะเกิดในด้านของอุปสงค์ (Demand shock) หรือด้านของอุปทาน (Supply shock) ที่ส่งผลกระทบต่อค่าความคลาดเคลื่อนที่เบี่ยงเบนไปจากดุลยภาพ ความเร็วในการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพของตัวแปรการใช้จ่ายภาครัฐบาลจะมีความเร็วในการปรับตัว

ประมาณ 13-15 เดือนและในส่วนของตัวแปรรายได้ประชาชาติ จะมีความเร็วในการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพประมาณ 1-3 เดือน ดังนั้นจากผลการศึกษาค้นคว้านี้ ภาครัฐบาลควรนำแนวคิดของวากเนอร์มาปรับใช้กับบริบทของประเทศไทย เนื่องจาก แนวคิดของวากเนอร์จะให้ความสำคัญกับการกระจายรายได้และการปฏิรูปโครงสร้างพื้นฐานของประเทศเพื่อจัดการกับการกระจายรายได้ที่ไม่เป็นธรรมซึ่งเป็นปัญหาพื้นฐานในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยการใช้นโยบายการคลังในการกำหนดงบประมาณรายจ่ายของภาครัฐให้เหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจ ณ ช่วงเวลาปัจจุบันพร้อมทั้งจัดสรรงบประมาณบางส่วนเพื่อรองรับกับสถานการณ์ที่ไม่สามารถคาดการณ์ในอนาคตแต่ในทางกลับกัน แนวคิดของเคนส์ไม่ได้กล่าวถึงการกระจายรายได้ อย่างเป็นธรรมแต่สนับสนุนการแทรกแซงของรัฐบาลเพื่อกระตุ้นอุปสงค์มวลรวมทางเศรษฐกิจ ทำให้การใช้นโยบายของเคนส์ ณ ช่วงเวลาปัจจุบันจึงไม่มีความเหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับแนวคิดของวากเนอร์ในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ

อ้างอิง

- [1] Afxentiou, P. C., & Serletis, A. (1991). A time-series analysis of the relationship between government expenditure and GDP in Canada. *Public Finance Quarterly*, 19(3), 316-333.
- [2] Al-Hakimi, A. O. (2002). A Time Series Analysis of the Relationship Between Government Expenditure and GDP in the Kingdom of Saudi Arabia *J. King Saud University*, 14(2).
- [3] Alimi, R. S. (2014). A time series and panel analysis of government spending and national income
- [4] Keynes, J.M. (1936). *The general Theory of Employment, Interest and Money*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- [5] Wagner, A. (1883). *Finanzwissenschaft...: th. Einleitung, ordnung der finanzwirtschaft, finanzbedarf, privaterwerb*. 3 (Vol. 1). CF Winter.
- [6] ธนวรรณ พลวิชัย และ วชิร คุณทวีเทพ (2557). การใช้จ่ายของภาครัฐ:ปัจจัยขับเคลื่อนเศรษฐกิจไทยจริงหรือ. สืบค้นเมื่อ 8 ธันวาคม 2565. แหล่งที่มา <http://utcc2.utcc.ac.th>
- [7] นคร ยิ้มศิริวัฒน์. (2548). *การคลังรัฐบาล*. มหาวิทยาลัยรามคำแหง: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. สืบค้นเมื่อ 8 ธันวาคม 2565. แหล่งที่มา <http://libdoc.dpu.ac.th>
- [8] สถิติการคลัง. (2564). *รายงานสถิติการคลัง*. สืบค้นเมื่อ 14 มกราคม 2566. แหล่งที่มา <https://online.anyflip.com>
- [9] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2564). *รายได้ประชาชาติของประเทศไทยแบบปริมาณลูกโซ่*. สืบค้นเมื่อ 7 เมษายน 2566. แหล่งที่มา <https://www.nesdc.go.th>
- [10] สุกัญญา ดันธนวัฒน์ และคณะ. (2552). *รายได้ประชาชาติ*. สืบค้นเมื่อ 7 เมษายน 2566. แหล่งที่มา <http://old-book.ru.ac.th>

ผลกระทบของการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ต่อตลาดสกุลเงินดิจิทัล โดยวิธีการของเบย์เซียนเวกเตอร์อัตโนมัติ รีเกรสชัน

จัทภามณี เพชรขาวช่วย¹ และ พงศภัค แซ่เลี้ยว²

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาผลกระทบของการแพร่ระบาดโควิด 2019 ที่มีผลต่อตลาดสกุลเงินดิจิทัล โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่มีลักษณะเป็นข้อมูลอนุกรมเวลา (Time series) ของประเทศไทยเป็นข้อมูลรายวันตั้งแต่ 1 มกราคม 2563 ถึง 31 ธันวาคม 2565 โดยใช้แบบจำลอง Bayesian Vector Autoregressive ผลการศึกษาพบว่า สกุลเงินบิทคอยน์ คาร์ดาโนและอีเธอเรียม ณ เวลาช่วงเวลาในอดีตมีความสัมพันธ์ในทางบวกต่อผลตอบแทนในตลาดสกุลเงินดิจิทัล ณ ช่วงเวลาปัจจุบันยกเว้นสกุลเงินที่เทอร์ที่จะมีความสัมพันธ์ทางลบกับผลตอบแทนของทีเทอร์ด้วยตัวเอง ณ เวลาปัจจุบัน โดยการแพร่ระบาดโควิด 2019 ส่งผลกระทบทางลบต่อผลตอบแทนสกุลเงินบิทคอยน์และโดชคอยน์ แต่ในทางกลับกันได้ส่งผลกระทบทางบวกต่อผลตอบแทนของสกุลเงินอีเธอเรียม ณ ช่วงเวลาปัจจุบัน โดยสกุลเงินที่มีการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพได้เร็วที่สุดเมื่อเกิดการแพร่ระบาดโควิด 2019 อย่างฉับพลัน คือ สกุลเงินที่เทอร์ ที่จะมีการปรับเข้าสู่ดุลยภาพโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 8 – 12 วัน เนื่องจาก สกุลเงินที่เทอร์จัดอยู่ในกลุ่ม “Stable coin” ที่มีความเสถียรภาพและความโปร่งใส ดังนั้น นักลงทุนควรหลีกเลี่ยงการลงทุนในสกุลเงินที่ให้ผลตอบแทนต่ำในช่วงการระบาดโควิด 2019 และไปลงทุนกับสกุลเงินที่มีเสถียรภาพทางการเงิน เช่น สกุลเงินที่เทอร์

คำสำคัญ : โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ตลาดสกุลเงินดิจิทัล อนุกรมเวลา

The Impact of the coronavirus 2019 outbreak on cryptocurrency markets by Bayesian vector autoregression (BVAR).

Chutamane Petkawchuay¹ and Pongsapak saeliow²

Abstract

The research is prepared to study the impact of the 2019 coronavirus outbreak on cryptocurrency markets by using secondary data (Time series) of Thailand as daily data from 1 January 2020 to 31 December 2022 using Bayesian Vector Autoregressive model. The findings reveal that with the exception of Tether, which has a negative correlation with current Tether returns, Bitcoin, Cardano, and Ethereum historically have all shown a positive correlation with returns in the present cryptocurrency market. The 2019 coronavirus outbreak has negatively impacted the returns of Bitcoin and Dogecoin. But on the other hand, it has positively impacted the current Ethereum yield. The fastest return to equilibrium after the COVID-19 outbreak is around 8-12 days because Tether is classified as a “stable coin” with high stability and transparency. Thus, all investors should avoid investing in low-yielding currencies during the COVID-19 outbreak and invest in monetary stable currencies, such as Tether.

Keywords: Covid-19, Cryptocurrency Market, Time series

ที่มาและความสำคัญ

สกุลเงินดิจิทัล (Cryptocurrency) คือ สกุลเงินเสมือนจริงที่จะใช้เป็นตัวกลางในการซื้อ-ขายแลกเปลี่ยนสินค้าและบริการทำให้สกุลเงินดิจิทัลได้กลายเป็นสินทรัพย์ประเภทใหม่ที่ตลาดการเงินทั่วโลกจับตามอง (Ji et al, 2019)^[9] เนื่องจากตลาดสกุลเงินดิจิทัลมีการเติบโตอย่างรวดเร็วในด้านของมูลค่าทางเศรษฐกิจและมูลค่าทางด้านการตลาด สำหรับสกุลเงินดิจิทัลในปัจจุบันมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงถึง 455.83 พันล้านดอลลาร์ โดยสัดส่วนมูลค่าทางการตลาดส่วนใหญ่มาจากสกุลเงินบิตคอยมากกว่าร้อยละ 85 ของตลาดสกุลเงินดิจิทัลอื่น ๆ และในช่วงเวลาต่อมาได้มีเปิดตัวสกุลเงินดิจิทัลแบบใหม่มากกว่า 1000 สกุลเงิน ส่งผลให้ราคาบิตคอยมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วประกอบกับในวันที่ 31 ธันวาคม 2019 องค์การอนามัยโลกได้มีการประกาศให้การระบาดของโรคโควิด 2019 เป็นภาวะฉุกเฉินด้านสาธารณสุขที่นานาชาติกังวลในการประชุมคณะกรรมการฉุกเฉิน (WHO, 2020)^[21] ส่งผลให้ราคาบิตคอยในตลาดลดลงสูงถึงร้อยละ 40 และไม่เพียงเท่านั้นการแพร่ระบาดของโควิดได้ส่งผลกระทบต่อถึงความเชื่อมั่นของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมทำให้ดัชนีเฉลี่ยอุตสาหกรรมดาวโจนส์ปรับลดจาก 29.348 เป็น 18.591 และในตลาดหุ้นลดจาก 3.386 เป็นเหลือเพียง 2.237 จะเห็นได้ว่าการแพร่ระบาดของโควิดทำให้นักลงทุนส่วนใหญ่ขาดเสถียรทางการเงินเป็นอย่างมาก (Caferra & Vidal-Tomás, 2021)^[3]

ผลกระทบของการแพร่ระบาดเชื้อโควิด 2019 ทำให้ตลาดเงินสกุลเงินดิจิทัลขาดความน่าเชื่อถือ เนื่องจาก ตลาดเงินสกุลเงินดิจิทัลเป็นสินทรัพย์ประเภทใหม่ที่ยังไม่มีใครยอมรับในฐานะสินทรัพย์ทางการเงินอย่างเป็นทางการ ทำให้ตลาดเงินสกุลเงินดิจิทัลถูกมองว่าเป็นสินทรัพย์ทางการเงินที่มีความผันผวนสูงและขาดความสามารถในการป้องกันความเสี่ยง (Pelster, 2019^[15]; Wang, 2020^[20]) จากการทบทวนวรรณกรรมเบื้องต้น พบว่า การศึกษาส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาผลกระทบของการแพร่ระบาดเชื้อโควิด 2019 ต่อตลาดทุนและตลาดเงินรวมไปถึงสินทรัพย์ทางการเงิน (Prabheesh, 2020^[17]; Zaremba et al., 2020)^[22] โดยในการศึกษาของจินฉา อินชุงพงษ์ (2564)^[23] และ Sapkota (2020)^[18] พบว่า ผลกระทบจากการแพร่ระบาดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ส่งผลทางลบต่อตลาดทุนไทย ต่อมาเมื่อตลาดสกุลเงินดิจิทัลเข้ามามีบทบาททางการเงินมากขึ้นประกอบกับการเกิดการแพร่ระบาดโควิด 2019 ในขณะเดียวกันทำให้นักวิชาการมีความวิตกกังวลเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของตลาดสกุลเงินดิจิทัลจำนวนมากจึงได้มีการทดสอบความผันผวนของราคาตลาด พบว่า ตลาดสกุลเงินดิจิทัลมีคุณสมบัติที่สามารถป้องกันความเสี่ยงในช่วงที่มีการระบาดใหญ่เชื้อโควิด 2019 (Conlon & McGee, 2020)^[4] โดยที่ตลาดสกุลเงินดิจิทัลจะมีการปรับตัวของราคาได้ดีกว่าตลาดหุ้นและตลาดทองคำ (Caferra & Vidal-Tomás, 2021)^[3] และยังได้รับการยืนยันจาก Corbet et al. (2020)^[5] ได้ให้เหตุผลไว้ว่า ถึงแม้ว่าสกุลเงินดิจิทัลจะได้รับผลกระทบเชิงลบต่อจำนวนผู้ติดเชื้อและจำนวนผู้เสียชีวิตในวิกฤตครั้งนี้แต่อย่างไรก็ตามนักลงทุนบางส่วนก็มีความเชื่อมั่นในการใช้สกุลเงินดิจิทัลในฐานะสินทรัพย์ทางการเงิน

จากการทบทวนวรรณกรรมจะเห็นได้ว่า ตลาดสกุลเงินดิจิทัลเป็นหนึ่งในประเด็นที่ได้รับความสนใจจากนักวิชาการและนักลงทุนเป็นอย่างมาก เนื่องจาก การศึกษาประเด็นนี้ค่อนข้างที่จะน้อยประกอบกับการแพร่ระบาดเชื้อโควิด 2019 ได้นำไปสู่ความเชื่อมั่นของนักลงทุนที่แนวโน้มลดลงทั้งในด้านของตลาดการเงินและระบบเศรษฐกิจทุกภาคส่วน ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อทำการศึกษารูปแบบของการแพร่ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโควิด 2019 ต่อตลาดสกุลเงินดิจิทัลโดยใช้แบบจำลอง Bayesian vector autoregression (BVAR) ตลอดจนตรวจสอบความเร็วในการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพของราคาหลักทรัพย์ในตลาดการเงิน โดยผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อนักลงทุนในการตัดสินใจและวางแผนรับมือกับความผันผวนของตลาดสกุลเงินดิจิทัลในช่วงที่มีแนวโน้มที่จะเกิดสถานการณ์ที่ไม่คาดคิดและนอกจากนี้นักลงทุนสามารถนำผลการศึกษามาปรับพอร์ตการลงทุนเพื่อกระจายความเสี่ยงให้กับการจัดพอร์ตการลงทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระเบียบวิธีวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ข้อมูลโดยภูมิที่มีลักษณะเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาของตลาดสกุลเงินดิจิทัลเป็นข้อมูลรายวัน ตั้งแต่ 1 มกราคม 2563 ถึง 31 ธันวาคม 2565 โดยใช้หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกหลักทรัพย์ที่มีมูลค่าส่วนแบ่งทางการตลาดมากที่สุด 5 อันดับแรก ประกอบด้วย Bitcoin , Ethereum , Tether , Cardano , Dogecoin และในการศึกษาครั้งนี้ได้นำปัจจัยภายนอก เช่น จำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิดในระดับโลก (DW), จำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิดในประเทศไทย (DTH), รวมไปถึงจำนวนผู้ติดเชื้อในประเทศไทย (CASESTH) มาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของตัวแปรต่าง ๆ โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของผลตอบแทนโดยการใส่ในรูปของลอการิทึม

$$R_t = \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \quad (1)$$

ขั้นตอนที่ 2 : การทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Unit root test) ด้วยวิธีการทดสอบของ Augmented Dickey-Fuller (ADF) รวมไปถึงการเลือกตัวแปรล่าช้าที่เหมาะสม (Lag Length) ในการวิเคราะห์ในแบบจำลอง Bayesian Vector autoregressive

$$y_t = \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

ขั้นตอนที่ 3 : การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาหลายตัวแปรด้วยวิธีการประมาณค่าด้วยแบบจำลอง Vector autoregressive สามารถเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์เพื่อใช้ในการศึกษาผลกระทบของการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ต่อตลาดสกุลเงินดิจิทัล ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} BTC_t \\ ETH_t \\ TETHER_t \\ CARDANO_t \\ DOGECOIN_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} BTC_{t-p} \\ ETH_{t-p} \\ TETHER_{t-p} \\ CARDANO_{t-p} \\ DOGECOIN_{t-p} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} \\ b_{51} & b_{52} & b_{53} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DW_t \\ DTH_t \\ CASESTH_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \\ \varepsilon_{3,t} \\ \varepsilon_{4,t} \\ \varepsilon_{5,t} \end{bmatrix} \quad (3)$$

หลังจากนั้น ทำการประมาณค่าแบบจำลอง BVAR โดยใช้แนวคิดทฤษฎีของเบส์ (Bayes' rule) (Bayes, 1763)^[2] ที่อาศัยหลักความน่าจะเป็นของการแจกแจงข้อมูลก่อนหน้า (Prior Distribution Probability) โดยใช้คุณสมบัติของเมทริกซ์แปรปรวนที่มีการกระจายแบบปกติ จะได้ฟังก์ชันความเป็นไปได้ของแบบจำลอง BVAR (Patridge and Rickman, 1998^[14]; Ritschl and Woitck, 2000) ดังนี้

$$L(A, \Sigma / y) \propto |\Sigma|^{\frac{1}{2}T} \exp \left(-\frac{1}{2} tr \left[\Sigma^{-1} (Y - XA)' (Y - XA) \right] \right) \quad (4)$$

ทั้งนี้ได้กำหนดค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงก่อนหน้าโดยใช้ค่าความน่าจะเป็นก่อนหน้าแบบ Minnesota

$$p(A, \Sigma) \propto |\Sigma|^{\frac{M+1}{2}} \quad (5)$$

หากนำไปสมการที่ 4 มาพิจารณาร่วมกับ สมการที่ 5 จะได้ความน่าจะเป็นของการแจกแจงภายหลัง (Posterior Distribution) โดยค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงที่เกิดขึ้นถือเป็นค่าการพยากรณ์ตามวิธีการของ BVAR

$$p(A, \Sigma / y) \propto |\Sigma|^{\frac{1}{2}(T+m+1)} \exp \left(-\frac{1}{2} tr \left[\Sigma^{-1} (Y - XA)' (Y - XA) \right] \right) \quad (6)$$

ขั้นตอนที่ 4 : การวิเคราะห์ปฏิกิริยาตอบสนองต่อความแปรปรวน (Impulse Response Function) ที่เกิดจากสิ่งที่คาดการณ์ไม่ได้ (Shock) ที่มีผลกระทบต่อตลาดสกุลเงินดิจิทัลทั้งในช่วงเวลาปัจจุบันและอนาคต โดยจะประมาณค่าด้วยวิธี Vector Moving Average

$$\begin{bmatrix} BTC_t \\ ETH_t \\ TETHER_t \\ CARDANO_t \\ DOGECOIN_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{BTC_t} \\ \overline{ETH_t} \\ \overline{TETHER_t} \\ \overline{CARDANO_t} \\ \overline{DOGECOIN_t} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \phi_{11}(i) & \phi_{12}(i) & \phi_{13}(i) \\ \phi_{21}(i) & \phi_{22}(i) & \phi_{23}(i) \\ \phi_{31}(i) & \phi_{32}(i) & \phi_{33}(i) \\ \phi_{41}(i) & \phi_{42}(i) & \phi_{43}(i) \\ \phi_{51}(i) & \phi_{52}(i) & \phi_{53}(i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DW_t \\ DTH_t \\ CASESTH_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \\ \varepsilon_{3,t} \\ \varepsilon_{4,t} \\ \varepsilon_{5,t} \end{bmatrix} \quad (7)$$

จากการวิเคราะห์ปฏิกิริยาตอบสนองต่อความแปรปรวน (Impulse Response Function) ทำให้เราสามารถพิจารณาผลกระทบของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีผลต่อตลาดสกุลเงินดิจิทัล ซึ่งสามารถบอกบอกทิศทาง และแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงรวมถึงขนาดของผลกระทบในแต่ละช่วงเวลาได้ (เจษฎา กาวีวงศ์, 2552)

ผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 5 ส่วน ประกอบด้วย (1) การทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Unit root test) (2) การเลือกตัวแปรล่าช้าที่เหมาะสม (Lag Length) (3) การประมาณค่าแบบจำลองด้วยวิธี Bayesian Vector autoregressive (4) การวิเคราะห์ปฏิกิริยาตอบสนองต่อความแปรปรวน (Impulse Response Function) สามารถแสดงได้ ดังนี้ 1. การทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Unit Root test) โดยใช้เทคนิคของ Augmented Dickey-Fuller test (ADF-test) พบว่า ตัวแปรที่นำมาทดสอบทั้งหมดมีค่า ADF test at level ที่มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤตของ MacKinnon ณ ระดับนัยสำคัญอย่างสถิติที่ 0.01 ดังนั้น ตัวแปรที่นำมาทดสอบทั้งหมดมีลักษณะนิ่ง (Stationary) ที่ระดับ I (1) ยกเว้นตัวแปรจำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิดในระดับโลก (DW) มีลักษณะนิ่ง (Stationary) ที่ระดับ I (2)ต่อมาผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์การคัดเลือก คือ ค่า Akaike's Information Criterion เป็นเครื่องมือในการหาตัวแบบจำลองที่ให้ค่าพยากรณ์แม่นยำที่สุด โดยในการศึกษครั้งนี้แบบจำลอง BVAR ที่เหมาะสมที่สุด ในการพยากรณ์ผลกระทบของการแพร่ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ต่อตลาดสกุลเงินดิจิทัลในแบบจำลองจะต้องมีตัวแปรล่าช้าในอดีต 2 ช่วงเวลา (ณ เวลา t-2) ที่มีนัยสำคัญต่อตลาดสกุลเงินดิจิทัล ณ เวลาปัจจุบัน (ณ เวลา t)

ตารางที่ 1 : ผลกระทบของการแพร่ระบาดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ต่อตลาดสกุลเงินดิจิทัล

	BTC _t	Cardano _t	Dogecoin _t	ETC _t	Tether _t
BTC _{t-1}	0.648406*** (0.00595)	0.101369*** (0.01048)	0.065496** (0.01642)	0.252895** (0.00890)	-0.000245** (0.000092)
BTC _{t-2}	0.155459*** (0.00455)	0.023734** (0.00798)	0.011470*** (0.00125)	0.060008*** (0.00677)	-0.0000381 (0.000070)
Cardano _{t-1}	0.031787*** (0.00360)	0.578394*** (0.00641)	0.141368*** (0.00998)	0.081882*** (0.00541)	0.000123** (0.000056)
Cardano _{t-2}	0.005650** (0.00256)	0.141921*** (0.00458)	0.034760*** (0.00710)	0.018545*** (0.00385)	-0.0000159 (0.000040)
Dogecoin _{t-1}	-0.011178*** (0.00213)	0.061355*** (0.00377)	0.641037*** (0.00594)	0.035819*** (0.00320)	-0.0000549 (0.000033)
Dogecoin _{t-2}	0.004302** (0.00162)	0.015704*** (0.00287)	0.154712*** (0.00455)	0.007930** (0.00244)	-0.0000237 (0.000025)
ETC _{t-1}	0.103854*** (0.00499)	0.109428*** (0.00884)	0.118851*** (0.01384)	0.416892*** (0.00755)	0.000181** (0.000078)
ETC _{t-2}	0.023054*** (0.00309)	0.026947** (0.00547)	0.031323** (0.00858)	0.099872*** (0.00469)	-0.0000607 (0.000048)
Tether _{t-1}	-0.827154	-2.150389**	2.034256	1.609849*	0.113058***

Tether _{t-2}	(0.58021)	(1.02762)	(1.60973)	(0.87246)	(0.00912)
	-0.168770	-0.535764	0.478943	0.488760	0.026103***
DW _{t-1}	(0.31011)	(0.54925)	(0.86038)	(0.46632)	(0.00488)
	-0.0000319**	-0.000025	-0.0000912**	0.0000120	-0.00000032
DW _{t-2}	(0.000016)	(0.000028)	(0.000043)	(0.000023)	(0.00000024)
	0.000021	-0.0000423	0.0000684	0.0000185	-0.00000018
	(0.000015)	(0.000027)	(0.000043)	(0.000023)	(0.00000024)
	BTC_t	Cardano_t	Dogecoin_t	ETC_t	Tether_t
Casesth _{t-1}	-0.00000028	-0.00000016	-0.0000016**	0.0000013**	-0.000000009
	(0.00000023)	(0.00000040)	(0.00000063)	(0.00000034)	(0.000000003)
Casesth _{t-2}	-0.000000091**	-0.00000043	-0.0000031***	0.00000038***	-0.000000001
	(0.00000019)	(0.00000033)	(0.000000051)	(0.00000028)	(0.0000000002)
DTH _{t-1}	-0.0000133	0.000376	-0.000097**	0.0000679**	0.000000987
	(0.000018)	(0.00032)	(0.00005)	(0.000027)	(0.00000028)
DTH _{t-2}	-0.00000386	0.0000956	-0.00000334	-0.0000191	0.000000257
	(0.000012)	(0.0002)	(0.000032)	(0.000017)	(0.00000018)

หมายเหตุ : 1.) วงเล็บ หมายถึง Standard error, 2.) *, **, *** ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

จากตารางที่ 1 : ในช่วงเวลา 2 ปีที่มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 กล่าวคือ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2563 ถึง 31 ธันวาคม 2565 จากผลการศึกษาภาพรวมพบว่า หากทำการพิจารณาผลตอบแทนของสกุลเงินดิจิทัลในช่วงเวลาที่ผ่านมา (ณ ช่วงเวลา t-1) ผลตอบแทนของสกุลเงินบิตคอยล์ (BTC_{t-1}) คาร์ดาโน (Cardano_{t-1}) และอีเธอเรียม (ETC_{t-1}) ในช่วงเวลาที่ผ่านมา จะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลตอบแทนของสกุลเงินที่อยู่ในตลาดดิจิทัล ณ ช่วงเวลาปัจจุบัน (ณ ช่วงเวลา t) ต่อมาหากทำการพิจารณาผลตอบแทนของสกุลเงินดิจิทัลในช่วงเวลาสองวันก่อนหน้า (ณ ช่วงเวลา t-2) จะพบว่า สกุลเงินที่สำคัญที่มีผลต่อตลาดสกุลเงินดิจิทัล คือ สกุลเงินบิตคอยล์ (BTC_{t-2}) สกุลเงินคาร์ดาโน (Cardano_{t-2}) อีเธอเรียม (ETC_{t-2}) เป็นสามสกุลเงินที่ยังคงมีความสัมพันธ์ในทางบวกต่อผลตอบแทนของทุกสกุลเงินที่อยู่ในตลาดดิจิทัลยกเว้นสกุลเงินทีเทอร์ (Tether_{t-2}) ที่จะมีความสัมพันธ์ทางลบกับผลตอบแทนของทีเทอร์ด้วยตัวเอง ณ ช่วงเวลาที่ผ่านมาและช่วงเวลาปัจจุบัน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Jegadeesh (1993)^[6] ศึกษาผลกระทบของประสิทธิภาพของตลาดหุ้น พบว่า ผลตอบแทนของสินทรัพย์ในอดีตลดลงจะส่งผลกระทบต่อการสร้างพอร์ตโฟลิโอของนักลงทุน ณ เวลาปัจจุบันและสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Fama & French (1988)^[6] ทำการเปรียบเทียบราคาหุ้นในอดีตและปัจจุบัน พบว่า การทำกำไรนักลงทุนโดยใช้กลยุทธ์การซื้อขายโดยพิจารณาจากประสิทธิภาพของราคา พบว่า ในอดีตจะมีผลกระทบของราคาหุ้นปัจจุบัน จากผลการศึกษาผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า นักลงทุนที่มีการวิเคราะห์ทางเทคนิคจะมีความเชื่อว่า ข้อมูลราคาสกุลเงินดิจิทัลในอดีตจะมีแนวโน้มที่สามารถช่วยคาดการณ์การเคลื่อนไหวของราคาในอนาคตได้ประกอบกับพฤติกรรมทางการเงินและปัจจัยทางด้านจิตวิทยาของนักลงทุนจะมีผลกระทบต่อกระบวนการตัดสินใจของนักลงทุนในอนาคตอีกด้วย

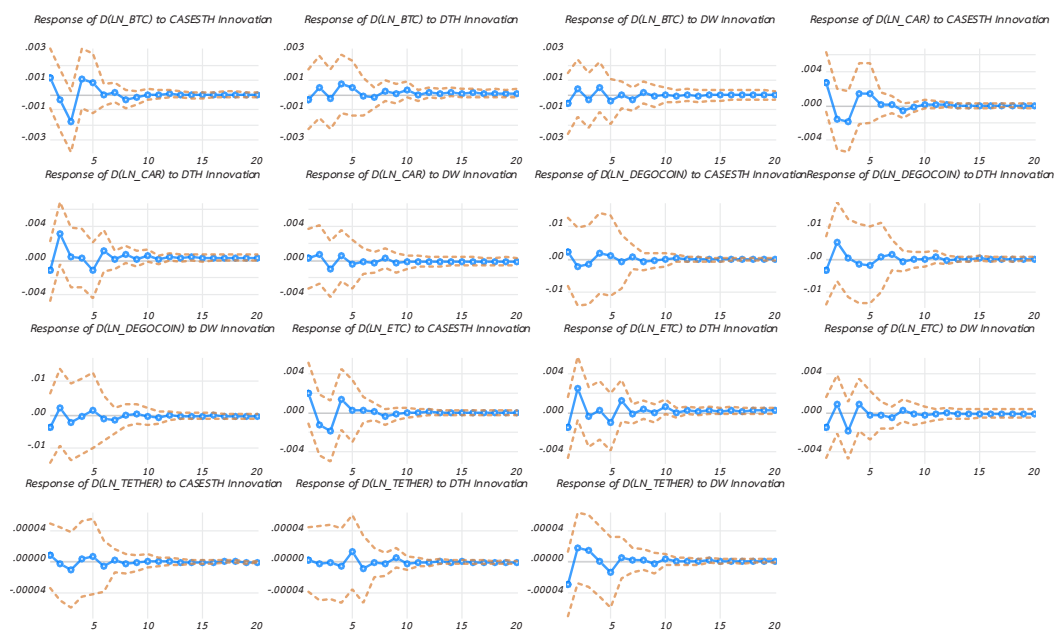
นอกจากนี้หากทำการพิจารณาผลกระทบของการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนาไวรัส 2019 ต่อตลาดสกุลเงินดิจิทัล พบว่า จำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิดในระดับโลก (DW) จำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิดในประเทศไทย (DTH) และจำนวนผู้ติดเชื้อโควิดในประเทศไทย (CASESTh) ส่งผลกระทบทางลบอย่างมีนัยสำคัญต่อผลตอบแทนสกุลเงินบิตคอยล์ (BTC_t) และโดจคอยน์ (Dogecoin_t) ณ ช่วงเวลาปัจจุบัน แต่ในทางกลับกันปัจจัยทางการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 กับส่งกระทบทางบวกต่อผลตอบแทนของสกุลเงินอีเธอเรียม (ETC_t) ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Takyi and Bentum-Ennin (2021)^[19] และ Ngwakwe (2020)^[11] และ Panyagometh (2020)^[13] ผลการศึกษาพบว่า จำนวนผู้ติดเชื้อและจำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิดมีผลกระทบต่อราคาตลาดหุ้นทั่วโลกปรับตัวลดลงซึ่งเกิดจากมาจากความผันผวนของราคาและความเชื่อมั่นของนักลงทุนและในการศึกษาของ จินฉา อินซุพงษ์ (2564)^[23] และ Sapkota (2020)^[18] ผล

การศึกษาพบว่า ผลกระทบจากการแพร่ระบาดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ส่งผลทางลบต่อตลาดทุนไทยในช่วงระหว่างวันที่ 12 มีนาคม ถึง 10 พฤษภาคม 2563 มากที่สุดต่อมาการศึกษาของ Baig et al. (2021)^[1] ที่ระบุว่า จำนวนผู้เสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นมีนัยสำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของการขาดสภาพคล่องและความผันผวนของตลาดหุ้นและ Nittayagasetwat (2023)^[12] ได้เพิ่มให้เหตุผลเพิ่มเติมว่า ความผันผวนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดพฤติกรรมของราคาดัชนีหุ้นในอุตสาหกรรม จากผลการศึกษาผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า การที่ภาครัฐบาลออกกฎระเบียบหรือนโยบายอย่างเข้มงวดในการควบคุมจำนวนผู้เสียชีวิตหรือผู้ติดเชื้อส่งผลให้เกิดนักลงทุนไม่มีความเชื่อมั่นในตลาดสกุลเงินดิจิทัลส่งผลให้ราคาสกุลเงินในตลาดดิจิทัลภาพรวมลดลง สำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบของการแพร่ระบาดโควิด 2019 ต่อการตอบสนองของการตลาดสกุลเงินดิจิทัลในแบบจำลอง Bayesian Vector Autoregressive (BVAR) จะพิจารณาว่าเมื่อเกิดการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 อย่างฉับพลัน (Shock) จะส่งผลต่อการปรับตัวเข้าสู่ค่ากลาง (Mean) ของตลาดสกุลเงินดิจิทัลใช้ระยะเวลาผ่านไปนานเท่าใดซึ่ง ผลการศึกษาจะได้ตามภาพที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 2 : Impulse Response Function ของแบบจำลอง BVAR

Impulse	Responses (lag)				
	BTC	Cardano	Dogecoin	ETC	Tether
DW	9	12	13	มากกว่า 20	12
DTH	มากกว่า 20	มากกว่า 20	14	มากกว่า 20	11
CASESTh	9	9	9	11	8

หมายเหตุ : ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษารายวัน (หน่วย : รายวัน)



ภาพที่ 1 : การวิเคราะห์ปฏิกิริยาตอบสนองต่อความแปรปรวน (Impulse Response Function)

จากภาพที่ 1 : หากทำการพิจารณาภาพรวมของผลกระทบของการแพร่ระบาดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อตลาดสกุลดิจิทัลมาทำการพยากรณ์ 20 วันในช่วงเวลาถัดไป พบว่า สกุลเงินที่มีการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพได้เร็วที่สุดเมื่อเกิดการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 อย่างฉับพลัน คือ สกุลเงิน Tether ที่จะมีการปรับเข้าสู่ดุลยภาพโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 8 - 12 วัน เนื่องจากสกุลเงิน Tether เป็นสกุลเงินดิจิทัลสกุลแรกในกลุ่ม “Stable coin” ที่อ้างอิงกับมูลค่าของสกุลเงิน Fiat อย่างดอลลาร์สหรัฐฯ (USD) โดยถูกออกแบบมาในเรื่องของความมีเสถียรภาพและความโปร่งใส ทำให้สกุลเงิน Tether อาจจะไม่ได้รับผลกระทบจากการแพร่ระบาดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 มาเท่าที่ควรต่อมาหากทำการพิจารณาผลของกระทบของการแพร่ระบาดเชื้อไวรัสโคโรนารายปัจจัย ประกอบด้วย จำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิดในระดับโลก (DW), จำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิด

ในประเทศไทย (DTH) รวมไปถึงจำนวนผู้ติดเชื้อในประเทศไทย (CASESTH) พบว่า หากพิจารณาผลกระทบของปัจจัยจำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิดในระดับโลก (DW) ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน สกุลเงินที่มีการปรับเข้าสู่ดุลยภาพได้เร็วที่สุด คือ สกุลเงิน BTC โดยใช้ระยะเวลาการปรับตัวเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของจำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิดในระดับโลก (DW) ประมาณ 8 วันและสกุลเงินที่มีการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพช้าที่สุด คือ สกุลเงิน ETC ใช้ระยะเวลาในการปรับตัวมากกว่า 20 วันและหากพิจารณาผลกระทบของปัจจัยจำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิดในประเทศไทย (DTH) และจำนวนผู้ติดเชื้อในประเทศไทย (CASESTH) ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน สกุลเงินที่มีการปรับเข้าสู่ดุลยภาพได้เร็วที่สุด คือ สกุลเงิน Tether โดยใช้ระยะเวลาการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพประมาณ 8 - 11 วัน ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Klein et al. (2018)^[10] รายงานว่า Bitcoin เป็นทรัพย์สินที่มีความปลอดภัยมากที่สุดในช่วงการแพร่ระบาดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เทียบเท่ากับราคาทองในตลาด โดย Pho et al. (2021)^[16] แนะนำว่านักลงทุนที่ไม่ชอบความเสี่ยงในการลงทุนควรกระจายพอร์ตการลงทุนตลาดสกุลเงินดิจิทัลโดยเฉพาะสกุลเงิน Bitcoin แต่ในมุมมองของ Hong (2022)^[7] ได้ให้ความคิดเห็นไว้ว่า หากนักลงทุนได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับ Cryptocurrencies ท่ามกลางความไม่แน่นอนที่เกิดจากการระบาดของ COVID-19 จะทำให้นักลงทุนมองว่าสกุลเงิน Ethereum มีผลต่อการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพมากที่สุด จากผลการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า หากพิจารณาสกุลเงินที่ปรับตัวเร็วที่สุด คือ สกุลเงิน Tether จะเป็นสกุลเงินที่ได้อิทธิพลทางอ้อมจากปัจจัยทางเศรษฐกิจ เช่น เมื่อจำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิด-19 เพิ่มขึ้นอาจนำไปสู่ผลกระทบทางลบต่อเศรษฐกิจส่งผลต่อความเชื่อมั่นของนักลงทุนและสถานะตลาดโดยรวม ในสถานการณ์เช่นนี้เหรียญ Stable coin อย่าง Tether สามารถใช้เป็นตัวเก็บมูลค่าหรือป้องกันความผันผวนของตลาดได้ซึ่งจะช่วยให้เหรียญมีเสถียรภาพหรือคืนสู่สมดุลอย่างรวดเร็ว

สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการแพร่เชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่มีต่อตลาดสกุลเงินดิจิทัล โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่มีลักษณะเป็นอนุกรมเวลา (Time series) ของประเทศไทยเป็นข้อมูลรายวันตั้งแต่ 1 มกราคม 2563 ถึง 31 ธันวาคม 2565 โดยใช้หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกหลักทรัพย์ที่มีมูลค่าส่วนแบ่งทางการตลาดมากที่สุด 5 อันดับแรก ประกอบด้วย Bitcoin , Ethereum , Tether , Cardano , Dogecoin และในการศึกษานี้ได้นำปัจจัยภายนอก เช่น จำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิดในระดับโลก (DW) จำนวนผู้เสียชีวิตจากโควิดในประเทศไทย (DTH) รวมไปถึงจำนวนผู้ติดเชื้อในประเทศไทย (CASESTH) โดยใช้แบบจำลอง Bayesian Vector Autoregressive ผลการศึกษาพบว่า สกุลเงินที่สำคัญที่มีผลต่อตลาดสกุลเงินดิจิทัล คือ สกุลเงินบิตคอยล์ (BTC) สกุลเงินคาร์ดาโน (Cardano) อีเธอเรียม (ETC) เป็นสามสกุลเงินที่ยังคงมีความสัมพันธ์ในทางบวกต่อผลตอบแทนของทุกสกุลเงินที่อยู่ในตลาดสกุลเงินดิจิทัลยกเว้นสกุลเงินทีเทอร์ (Tether) ที่จะมีความสัมพันธ์ทางลบกับผลตอบแทนของทีเทอร์ด้วยกันเองต่อมาหากทำการพิจารณาผลกระทบของการแพร่ระบาดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 พบว่า การแพร่ระบาดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ส่งผลกระทบต่อผลตอบแทนสกุลเงินบิตคอยล์ (BTC) และโดจคอยน์ (Dogecoin) ณ ช่วงเวลาปัจจุบันแต่ในทางกลับกันได้ส่งผลกระทบต่อผลตอบแทนของสกุลเงินอีเธอเรียม (ETC) นอกจากนี้หากวิเคราะห์ผลกระทบของการแพร่ระบาดโควิด 2019 ต่อการตอบสนองการของตลาดสกุลเงินดิจิทัล พบว่า สกุลเงินที่มีการปรับเข้าสู่ดุลยภาพได้เร็วที่สุดเมื่อเกิดการแพร่ระบาดโควิด 2019 อย่างฉับพลัน คือ สกุลเงิน Tether ที่จะมีการปรับเข้าสู่ดุลยภาพโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 8 - 12 วัน ดังนั้น นักลงทุนควรหลีกเลี่ยงการลงทุนในสกุลเงินที่ให้ผลตอบแทนต่ำในช่วงการแพร่ระบาดโควิด 2019 และไปลงทุนกับสกุลเงินที่มีเสถียรภาพทางการเงินที่สูง เช่น สกุลเงินทีเทอร์ เพื่อลดความเสี่ยงของนักลงทุนที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้จากสินทรัพย์ดิจิทัล (Systematic Risk) จากผลการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยสามารถนำผลการศึกษาเป็นแนวทางในการตัดสินใจและวางแผนในการรับมือสถานะความผันผวนของตลาดสกุลเงินดิจิทัลในช่วงที่มีแนวโน้มที่จะเกิดวิกฤตทางเศรษฐกิจรูปแบบคล้ายคลึงกัน โดยการลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลที่มี

ลักษณะเป็น Stable coin เช่น สกุลเงิน Tether ที่สามารถใช้เก็บมูลค่าหรือป้องกันความผันผวนของตลาดได้ นอกจากนี้นักลงทุนสามารถปรับพอร์ตการลงทุนเพื่อกระจายความเสี่ยงที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ซึ่งจะส่งผลให้นักลงทุนสามารถจัดพอร์ตการลงทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้ความสำคัญสกุลเงินดิจิทัลที่มีการปรับตัวของราคาได้อย่างรวดเร็ว เช่น สกุลเงิน BTC และ ETC เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Baig, A. S., Butt, H. A., Haroon, O., & Rizvi, S. A. R. (2021). Deaths, panic, lockdowns and US equity markets: The case of COVID-19 pandemic. *Finance research letters*, 38, 101701. <https://doi.org>
- [2] Bayes, T. (1763). "A letter to John Canton," *Phil. Trans. Royal Society London* 53, 269–271.
- [3] Caferra, R., & Vidal-Tomás, D. (2021). Who raised from the abyss? A comparison between cryptocurrency and stock market dynamics during the COVID-19 pandemic. *Finance Research Letters*, 43, 101954.
- [4] Conlon, T., & McGee, R. (2020). Safe haven or risky hazard? Bitcoin during the COVID-19 bear market. *Finance Research Letters*, 35, 101607.
- [5] Corbet, S., Hou, Y. G., Hu, Y., Larkin, C., & Oxley, L. (2020). Any port in a storm: Cryptocurrency safe havens during the COVID-19 pandemic. *Economics Letters*, 194, 109377.
- [6] Fama, E. F., & French, K. R. (1988). Permanent and temporary components of stock prices. *Journal of political Economy*, 96(2), 246-273.
- [7] Hong, M. Y., & Yoon, J. W. (2022). The impact of COVID-19 on cryptocurrency markets: A network analysis based on mutual information. *Plos one*, 17(2), e0259869.
- [8] Jegadeesh, N., & Titman, S. (1993). Returns to buying winners and selling losers: Implications for stock market efficiency. *The Journal of finance*, 48(1), 65-91.
- [9] Ji, Q., Bouri, E., Lau, C. K. M., & Roubaud, D. (2019). Dynamic connectedness and integration in cryptocurrency markets. *International Review of Financial Analysis*, 63, 257-272.
- [10] Klein, T., Thu, H. P., & Walther, T. (2018). Bitcoin is not the New Gold—A comparison of volatility, correlation, and portfolio performance. *International Review of Financial Analysis*, 59, 105-116.
- [11] Ngwakwe, C. C. (2020). Effect of COVID-19 pandemic on global stock market values: A differential analysis. *Acta Universitatis Danubius. conomica*, 16(2), 255-269.
- [12] Nittayagasetwat, A., Buranasiri, J., & Sodadee, O. (2023). ปัจจัยจากโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ที่มีผลต่อกลุ่มอุตสาหกรรมของตลาดตราสารทุนประเทศไทย. *NIDA Business Journal*, (32), 1-20.
- [13] Panyagometh, K. (2020). The Effects of Pandemic Event on the Stock Exchange of Thailand. *Economies*, 8(4), 90. (in Thai)
- [14] Patrige, M. D., and Rickman, D.S. (1998). Generalizing the Bayesian Vector Autoregression Approach for Regional Interindustry Employment Forecasting. *Journal of Business and Economic Statistics*, 16(1), 66-72.
- [15] Pelster, M., Breitmayer, B. and Hasso, T. (2019), "Are cryptocurrency trader's pioneers or just risk-seekers? Evidence from brokerage accounts", *Economics Letters*, Vol. 182, pp. 98-100

- [16] Pho, K. H., Ly, S., Lu, R., Van Hoang, T. H., & Wong, W. K. (2021). Is Bitcoin a better portfolio diversifier than gold? A copula and sectoral analysis for China. *International Review of Financial Analysis*, 74, 101674.
- [17] Prabheesh, K.P. (2020), “Dynamics of foreign portfolio investment and stock market returns during the COVID-19 pandemic: evidence from India”, *Asian Economics Letters*, Vol. 1 No. 2.
- [18] Sapkota, S. P. (2020). Impact of epidemic infectious disease and death on stock returns: Evidences from Asian stock markets with COVID-19. *Contemporary Research: An Interdisciplinary Academic Journal*,4(1), 174-191
- [19] Takyi, P. O., & Bentum-Ennin, I. (2021). The impact of COVID-19 on stock market performance in Africa: A Bayesian structural time series approach. *Journal of Economics and Business*,115, 105968.
- [20] Wang, Y., Zhang, D., Wang, X. and Fu, Q. (2020), “How does COVID-19 affect China’s insurance market?”, *Emerging Markets Finance and Trade*, Vol. 56 No. 10.
- [21] WHO (2020), “*Coronavirus*”, Retrieved from: www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/events-as-they-happen
- [22] Zaremba, A., Kizys, R., Aharon, D.Y. and Demir, E. (2020), “Infected markets: Novel coronavirus, government interventions, and stock return volatility around the globe”, *Finance Research Letters*, Vol. 35
- [23] จินฉา อินชูปงษ์. (2565). ผลกระทบของการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019. สืบค้น เมื่อ 5 มกราคม 2566

ปัจจัยจากภาคการผลิตและภาคการเงินที่ส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ

ชัยพล บุญยพิมพ์¹ ชไมพร นาวงษ์²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของภาคการผลิตและภาคการเงินจะส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิ จำนวน 26 ประเทศ ใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ.2546-2563 รวมระยะเวลา 18 ปี วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการ Panel Data Analysis ประกอบด้วย Pooled OLS Regression วิธีการ Fixed Effect Regression Model (FEM) วิธีการ Random Effect Regression Model (REM) และทดสอบแบบจำลองด้วยวิธี Hausman Test ผลการศึกษาพบว่า การส่งออกสินค้าและบริการ การใช้จ่ายเพื่อการอุปโภคบริโภคของรัฐบาล การลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ อัตราการขยายตัวของประชากร อัตราหมุนเวียนการซื้อขายหลักทรัพย์ เป็นปัจจัยที่กำหนดผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: ปัจจัย, ภาคการผลิต, ภาคการเงิน, ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ

^{1,2} นักวิจัย ศูนย์วิจัยโลจิสติกส์และการจัดการ มหาวิทยาลัยบูรพา

E-mail : chaiyapon_bb@yahoo.com

THE IMPACTS OF GROSS DOMESTIC PRODUCT IN THE PRODUCT MARKET AND FINANCIAL MARKET

Chaiyapon Bunyapimpa¹, Chamaiphon Nawong²

Abstract

The objectives of this study are to analyze the factors affecting of Gross Domestic Product in the product market and financial market. Data was collected as Panel Data, combination between time series data and cross-sectional data. Data was from the year 2003 to 2020 for a total of 18 years. The study uses a panel analysis included pooled OLS Regression Model (FEM) and Random Effect Regression (REM). The results showed that Exports of goods and services, General government final consumption expenditure, Foreign direct investment, Population growth, Inflation consumer prices, Stocks traded, turnover ratio of domestic shares exhibited a high significance in explaining gross domestic product.

Keywords: factors, product market, financial market, gross domestic product

บทนำ

ช่วงระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา ประเทศในกลุ่ม 26 ประเทศที่ศึกษา อาทิเช่น ประเทศจีน ประเทศญี่ปุ่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศไทย ประเทศมาเลเซีย เป็นต้น ๑ มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง ตามข้อมูล que แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งเป็นข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ และมีอัตราเงินเฟ้อ โดยเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูล ของธนาคารโลก อย่างไรก็ตามประเทศที่ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ ส่วนใหญ่ยังคงเป็นประเทศในกลุ่มกำลังพัฒนา และประเทศที่พัฒนา แล้วที่มีปัจจัยแวดล้อมในการลงทุนที่ค่อนข้างผันผวน บ่อยครั้งเกิดการเปลี่ยนแปลง และเกิดสถานการณ์ที่มีผลกระทบ ในเชิงลบต่อการเข้ามาลงทุน หรือการทำธุรกรรมที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการขยายตัวทางเศรษฐกิจของแต่ละประเทศ ซึ่งเป็นการสะท้อนให้ทราบถึงระดับรายได้และชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชน ที่มีแนวโน้มขึ้นลงตามภาวะการณ์ผันผวน ของเศรษฐกิจโลก แต่เมื่อพิจารณาร่วมกับอัตราเงินเฟ้อที่เกิดขึ้นจะเห็นได้ว่า โลกมีอัตราเงินเฟ้อ ร้อยละ 3.42 มีอัตรา การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจากปีก่อนถึงร้อยละ 78.22 โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของตัวชี้วัด ต่อเสถียรภาพของประเศนั้น ๆ ทั้งในด้านการผลิต ภาวะการจ้างงาน และปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการดึงดูดเงิน ลงทุนหรือเงินออมจากนักลงทุน การให้ความสำคัญกับการพิจารณาความเสี่ยงของประเทศที่นักลงทุนเข้าไปลงทุน หรือเข้าไป เกี่ยวข้องจึงเพิ่มความสำคัญมากยิ่งขึ้น โดยการติดตามการเปลี่ยนแปลงระดับความเสี่ยงของประเทศ สามารถนำไปใช้ เป็นข้อมูลประกอบในลักษณะกำหนดผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 1 ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ และอัตราเงินเฟ้อ

ประเทศ	2563	2564	อัตราการเปลี่ยนแปลง
ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (หน่วย : ร้อยล้านดอลลาร์สหรัฐฯ)			
จีน	146,876.74	177,340.63	20.74
ญี่ปุ่น	50,401.08	49,374.22	-2.04
สหรัฐอเมริกา	208,937.44	229,961.00	10.06
ยูโรโซน	130,272.59	144,932.12	11.25
ประเทศอื่นๆ	312,580.30	359,392.94	14.98
โลก	849,068.14	961,000.91	13.18
อัตราเงินเฟ้อ (หน่วย : ร้อยละ)			
จีน	2.42	0.98	-59.45
ญี่ปุ่น	-0.02	-0.23	833.57
สหรัฐอเมริกา	1.23	4.70	280.83
ยูโรโซน	0.29	2.45	741.87
โลก	1.92	3.42	78.22

ที่มา : World Development indicators (Word bank) พ.ศ. 2566

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศจากภาคการผลิตและภาคการเงิน

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้สำหรับการศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ใช้ข้อมูลตั้งแต่ 2546-2563 รวมระยะเวลา 18 ปี จำนวน 26 ประเทศ ประกอบด้วย สาธารณรัฐประชาชนจีน ญี่ปุ่น เยอรมนี ตุรกี แคนาดา เกาหลีใต้ สเปน ออสเตรเลีย เม็กซิโก อินโดนีเซีย สวิตเซอร์แลนด์ โปแลนด์ ไทย อิสราเอล เขตบริหารพิเศษฮ่องกง มาเลเซีย แอฟริกาใต้ ฟิลิปปินส์ ซิลี เปรู กรีซ ฮังการี ศรีลังกา ลักเซมเบิร์ก มอลตา และมอริเชียส ข้อมูลที่ใช้เก็บรวบรวมจาก World Development indicators (World bank) ทั้งด้าน Financial และ Non-Financial ประกอบด้วยข้อมูลตัวแปรตาม (Dependent Variables) จำนวน 1 ตัว และข้อมูลตัวแปรต้น (Independent Variables) จำนวน 8 ตัว โดยมีข้อมูลตัวแปรที่ใช้สำหรับการศึกษาดังนี้

1.1 ตัวแปรตาม (Dependent Variables)

- (1) ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP)

1.2 ตัวแปรต้น (Independent Variables)

1.2.1 ภาคการผลิต

- (1) การส่งออกสินค้าและบริการ (Exports of goods and services : EGS)
- (2) อัตราการขยายตัวของประชากร (Population growth : POP)
- (3) อัตราเงินเฟ้อ (Inflation measured by consumer price index : CPI)

1.2.2 ภาคการเงิน

- (1) มูลค่าหลักทรัพย์ตามราคาตลาด (Market capitalization of listed domestic companies : MC)
- (2) รายจ่ายของรัฐบาลเพื่อการอุปโภคบริโภค (General government final consumption expenditure : GCE)
- (3) เงินลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ (Foreign direct investment : FDI)
- (4) มูลค่าการซื้อขายหลักทรัพย์ต่อจีดีพี (Stocks traded : ST)
- (5) อัตราหมุนเวียนการซื้อขายหลักทรัพย์ (Stocks traded, turnover ratio of domestic shares : STT)

2. แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

$$GDP_i = C_i + MC_i + EGS_i + GCE_i + FDI_i + Pop_i + CPI_i + ST_i + STT_i$$

โดย

- GDP คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (หน่วยดอลลาร์สหรัฐฯ)
MC คือ มูลค่าหลักทรัพย์ตามราคาตลาด (หน่วยดอลลาร์สหรัฐฯ)
EGS คือ การส่งออกสินค้าและบริการ (หน่วยดอลลาร์สหรัฐฯ)
GCE คือ การใช้จ่ายเพื่อการอุปโภคบริโภคของรัฐบาล (หน่วยดอลลาร์สหรัฐฯ)
FDI คือ การลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ (หน่วยดอลลาร์สหรัฐฯ)
POP คือ อัตราการขยายตัวของประชากร (ร้อยละ)
CPI คือ อัตราเงินเฟ้อ (ร้อยละ)

- ST คือ มูลค่าการซื้อขายหลักทรัพย์ต่อจีดีพี (ร้อยละ)
 STT คือ อัตราหมุนเวียนการซื้อขายหลักทรัพย์ (ร้อยละ)
 i คือ จำนวนประเทศที่ศึกษา $i = 1, \dots, 26$ ดังนี้
 t คือ จำนวนปีที่ศึกษา $t = 1, \dots, 18$

3. สมมติฐานของการวิจัย

ตัวแปรมูลค่าหลักทรัพย์ตามราคาตลาด (MC) การส่งออกสินค้าและบริการ (EGS) รายจ่ายของรัฐบาลเพื่อการอุปโภคบริโภค (GCE) เงินลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ (FDI) อัตราการขยายตัวของประชากร (POP) อัตราเงินเฟ้อ (CPI) มูลค่าการซื้อขายหลักทรัพย์ต่อจีดีพี (ST) และอัตราหมุนเวียนการซื้อขายหลักทรัพย์ (STT) มีอิทธิพลในทิศทางเดียวกันกับผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP)

4. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ทดสอบความนิ่งของข้อมูล Panel Unit Root Test เป็นการทดสอบว่าข้อมูลที่ใช้ศึกษามีลักษณะนิ่ง (Stationary) หรือมีลักษณะที่ไม่นิ่ง (Non Stationary) เพื่อหลีกเลี่ยงข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ย (Mean) และความแปรปรวน (Variances) ที่ไม่คงที่ในแต่ละช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธี Fisher-type

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการ Panel Data

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการ Panel Data โดยลักษณะข้อมูลแบบ Panel Data จะมีลักษณะข้อมูลที่มีการผสมผสานกันกับข้อมูล 2 รูปแบบ คือ ข้อมูลแบบภาคตัดขวาง (Cross Section Data) เป็นข้อมูลเก็บรวบรวมช่วงเวลาในเวลาหนึ่ง และข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องตามช่วงเวลา โดยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล Panel Data มี 3 ขั้นตอน

3.1. Pool OLS Regression Model เป็นการวิเคราะห์ที่กำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์ของค่าคงที่ (Intercept) และค่าความชัน (Slope) มีค่าคงที่ ตัวแปรทุกตัวมีค่าเท่ากันหมดทุกตัวและทุกช่วงเวลา โดยการประมาณการไม่ได้ประมาณค่าความแตกต่างของแต่ละประเทศและช่วงเวลาการศึกษาละเลยอิทธิพลของปัจจัยต่อตัวแปรตามที่ไม่สามารถสังเกตได้ (Unobserved Effect) ของแต่ละประเทศ โดยทำให้เกิดปัญหา Heterogeneity Bias เพราะละเลยผลกระทบที่เรียกว่า Time invariant Unobserved Effect

$$Y_{it} = B_{0i} + B_1X_{ijt} + B_2X_{ijt} + a_i + u_{it}$$

- โดย Y คือ ตัวแปรตาม (Dependent variable) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ
 X คือ ตัวแปรต้น (independent variable)
 a คือ ตัวแปรต้นที่มีลักษณะเฉพาะ (omitted variable)
 u คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (error term)
 B คือ ค่าสัมประสิทธิ์
 i คือ หน่วยสำรวจ (ตัวอย่าง) $i = 1, 2, \dots, n$
 t คือ เวลา

3.2 Fixed Effect Model เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรต้นโดยจำกัดตัวแปรที่มีลักษณะเฉพาะของแต่ละประเทศที่ไม่สามารถสังเกตได้ (unobserved effects ; a_i) เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลคงที่ไม่แปรผันไปตามเวลา (Time-Invariant) โดยที่ตัวแปร a_i ถูกกำจัดออกไปโดยการลบกันของค่าตัวแปรแต่ละตัวอย่าง

และค่าเฉลี่ยของตัวแปรในแต่ละตัวอย่างและตัวส่วนหารของเวลาที่สามารถนำมาประมาณค่าความชัน (Bi) และเมื่อกำจัดตัวแปร ai ออกไปแล้วมาประมาณการด้วยวิธี ordinary least squares : OLS จะได้ผลการประมาณค่าที่ไม่เอนเอียง

3.3. Random Effect Mode เป็นการวิเคราะห์ที่มีสมมติฐานสำคัญคือตัวแปรที่มีลักษณะเฉพาะของแต่ละประเทศที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ (unobserved effects; ai) จะต้องไม่สัมพันธ์กับตัวแปรต้นในสมการ เพราะมีการแฝงตัวอยู่นอกสมการ โคนตัวแปร ai เป็นตัวแปรสุ่มเมื่อนำไปรวมกับ u_{it} จะกลายเป็นค่าความคลาดเคลื่อน V_{it} แบบจำลอง Random Effect ต้องใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วย FGLS เพื่อแก้ปัญหาให้เป็นไปตามสมมติฐานและให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์คงที่

การทดสอบแบบจำลองด้วย Hausman test เป็นการทดสอบเพื่อตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานี้ โดยจะทดสอบว่า unobserved effects ; ai และตัวแปรต้นมีความสัมพันธ์ระหว่างกันหรือไม่ โดยมีวิธีการตั้งสมมติฐานดังนี้

H_0 : Unobserved Effects ; ai และตัวแปรต้นไม่มีความสัมพันธ์กันใช้ Random Effect

H_1 : Unobserved Effects ; ai และตัวแปรต้นมีความสัมพันธ์กันใช้ Fixed Effect

ผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบ Panel Unit Root Test โดยจะทดสอบว่าข้อมูลที่ใช้ศึกษาลักษณะนิ่ง (Stationary) หรือมีลักษณะไม่นิ่ง (Non Stationary) เพื่อหลีกเลี่ยงข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ย (Mean) และความแปรปรวน (Variances) ที่ไม่คงที่ในแต่ละช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูล Panel Unit Root Test

ตัวแปร	ผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูล	ระดับความนิ่ง
MC	0.0016	Stationary
EGS	0.0004	Stationary
GCE	0.0000	Stationary
FDI	0.0000	Stationary
POP	0.0000	Stationary
CPI	0.0000	Stationary
ST	0.0000	Stationary
STT	0.0000	Stationary
GDP	0.0914	Stationary

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูล Panel Unit Root พบว่า จำนวน 9 ตัวแปร โดยตัวแปรที่มีลักษณะนิ่ง (Stationary) จะมีค่า P - Value น้อยกว่า 0.10 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 90 ผลของการทดสอบพบว่ามีตัวแปรจำนวน 9 ตัว ที่มีลักษณะนิ่ง (Stationary) ทดสอบพบว่ามีตัวแปรทั้งหมดมีลักษณะนิ่ง (Stationary) คือมูลค่าหลักทรัพย์ตามราคาตลาด (MC) การส่งออกสินค้าและบริการ (EGS) การใช้จ่ายเพื่อการอุปโภคบริโภคของรัฐบาล (GCE) การลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ (FDI) อัตราการขยายตัวของประชากร (POP) อัตราเงินเฟ้อ (CPI) มูลค่าการซื้อขายหลักทรัพย์ต่อจีดีพี (ST) อัตราหมุนเวียนการซื้อขายหลักทรัพย์ (STT) ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) ซึ่งตัวแปรทุกตัวไม่เกิดปัญหา Unit Root

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรต้น

ตัวแปร	mc	ebop	egs	gce	fdi	pop	icp	st	stt
mc	1.0000								
ebop	0.7780	1.0000							
egs	0.7768	0.9999	1.0000						
gce	0.8485	0.8918	0.8910	1.0000					
fdi	0.0518	-0.0816	-0.0836	0.0110	1.0000				
pop	-0.2210	-0.2898	-0.2875	-0.2766	-0.1361	1.0000			
icp	-0.1843	-0.1842	-0.1825	-0.1873	-0.1990	0.1403	1.0000		
st	0.5099	0.2846	0.2835	0.1355	-0.0076	-0.1210	-0.1136	1.0000	
stt	0.6147	0.7167	0.7141	0.6796	-0.0282	-0.3303	-0.1295	0.3442	1.0000

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรต้น พบว่า ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรต้นทั้ง 9 ตัวแปร พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต้นที่ใช้สำหรับการศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 0.0076-0.9999 โดยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรบางตัวมีค่ามากกว่า 0.7 ทำให้ความสัมพันธ์ของตัวแปรดังกล่าวการทำให้ประมาณการจะเกิดปัญหา Multicollinearity ส่งผลให้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงคัดเลือกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรบางตัวออก

2. ผลการประมาณการ Panel Data

ตารางที่ 4 ผลการประมาณการแบบจำลองผลผลิตถั่งมวลรวมในประเทศ

ตัวแปร	Pooled OLS Coefficient	P	Fixed Effects Coefficient	P	Random Effects Coefficient	P
mc	-0.02	0.4580	-0.02	0.1170	-0.02	0.1340
egs	0.10	0.0820	0.22	0.0020	0.20	0.0030
gce	5.57	0.0000	5.48	0.0000	5.49	0.0000
fdi	-3.00	0.0000	-0.60	0.0060	-0.72	0.0010
pop	51,100,000,000.00	0.0010	37,100,000,000.00	0.0210	40,600,000,000.00	0.0090
icp	2,540,000,000.00	0.5420	-1,210,000,000.00	0.6880	-797,000,000.00	0.7910
st	142,000,000.00	0.3940	-5,612,310.00	0.9710	5,404,820.00	0.9710
stt	917,000,000.00	0.0020	1,240,000,000.00	0.0000	1,210,000,000.00	0.0000
Constant	-90,800,000,000.00	0.0010	-93,800,000,000.00	0.0000	-94,400,000,000.00	0.0390
Number of obs	468		468		468	
R-square Overall	-		0.9847		0.9850	
R-square	0.9874		-		-	
Adj R-square	0.9872		-		-	
Root MES	220,000,000,000.00		-		-	
F-Statistic	4,508.54		3,058.41		26,163.97	
Prob (F-Statistic)	0.00		0.00		0.00	
Heteroskedasticity	-		0.00		-	

Hausman Test	-	0.7016
--------------	---	--------

*ตัวแปรตาม คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP)

*ตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติมีค่า P น้อยกว่า 0.05

ตารางที่ 4 แสดงผลการประมาณการแบบจำลองผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ผลการประมาณการขั้นตอน Pooled OLS Regression Model พบว่า ตัวแปรการส่งออกสินค้าและบริการ (EGS) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 มีค่า Coefficient เท่ากับ 0.10 ตัวแปรมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับตัวแปรตาม แปลความหมายได้ว่า ถ้าการส่งออกสินค้าและบริการเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ จะส่งผลให้มีผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ เพิ่มขึ้น 0.10 ดอลลาร์สหรัฐฯ ตัวแปรการใช้จ่ายเพื่อการอุปโภคบริโภคของรัฐบาล (GCE) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีค่า Coefficient เท่ากับ 5.57 ตัวแปรมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับตัวแปรตาม แปลความหมายได้ว่า ถ้าการใช้จ่ายเพื่อการอุปโภคบริโภคของรัฐบาลเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ จะส่งผลให้มีผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ เพิ่มขึ้น 5.57 ดอลลาร์สหรัฐฯ ตัวแปรการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ (FDI) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 มีค่า Coefficient เท่ากับ -3.00 ตัวแปรมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามกับตัวแปรตาม แปลความหมายได้ว่า ถ้าการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ จะส่งผลให้มีผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ลดลง 3.00 ดอลลาร์สหรัฐฯ ตัวแปรอัตราการขยายตัวของประชากร (POP) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีค่า Coefficient เท่ากับ 51,100,000,000 ตัวแปรมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับตัวแปรตาม แปลความหมายได้ว่า ถ้าอัตราการขยายตัวของประชากร เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะส่งผลให้มีผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ เพิ่มขึ้น 51,100,000,000 ดอลลาร์สหรัฐฯ ตัวแปรอัตราหมุนเวียนการซื้อขายหลักทรัพย์ (STT) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีค่า Coefficient เท่ากับ 917,000,000 ตัวแปรมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับตัวแปรตาม แปลความหมายได้ว่า ถ้าอัตราหมุนเวียนการซื้อขายหลักทรัพย์ เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะส่งผลให้มีผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ เพิ่มขึ้น 917,000,000 ดอลลาร์สหรัฐฯ โดยแบบจำลองมีความสามารถในการประมาณการได้ร้อยละ 98.74 และแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 220,000,000,000

ผลการทดสอบด้วย Hausman Test มีค่าเท่ากับ 0.7016 ทำให้ขั้นตอนที่เหมาะสมของแบบจำลองผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ คือขั้นตอน Random Effects Model ผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรการส่งออกสินค้าและบริการ (EGS) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีค่า Coefficient เท่ากับ 0.20 ตัวแปรมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันเดียวกันกับตัวแปรตาม แปลความหมายได้ว่า ถ้าการส่งออกสินค้าและบริการเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ จะส่งผลให้มีผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศแต่ละประเทศ เพิ่มขึ้น 0.20 ดอลลาร์สหรัฐฯ ตัวแปรการใช้จ่ายเพื่อการอุปโภคบริโภคของรัฐบาล (GCE) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีค่า Coefficient เท่ากับ 5.49 ตัวแปรมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับตัวแปรตาม แปลความหมายได้ว่า ถ้าการใช้จ่ายเพื่อการอุปโภคบริโภคของรัฐบาลเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ จะส่งผลให้มีผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศแต่ละประเทศ เพิ่มขึ้น 5.49 ดอลลาร์สหรัฐฯ ตัวแปรการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ (FDI) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีค่า Coefficient เท่ากับ -0.72 ตัวแปรมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามกับตัวแปรตามโดยไม่ตรงตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ แปลความหมายได้ว่า ถ้าการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ จะส่งผลให้มีผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศแต่ละประเทศ ลดลง 0.72 ดอลลาร์สหรัฐฯ ตัวแปรอัตราการขยายตัวของประชากร (POP) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีค่า Coefficient เท่ากับ 40,600,000,000 ตัวแปรมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับตัวแปรตาม แปลความหมายได้ว่า ถ้าอัตราการขยายตัวของประชากร เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะส่งผลให้มีผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศแต่ละประเทศ เพิ่มขึ้น 40,600,000,000 ดอลลาร์สหรัฐฯ ตัวแปรอัตราหมุนเวียนการซื้อขายหลักทรัพย์ (STT) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีค่า Coefficient เท่ากับ 1,210,000,000 ตัวแปรมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับตัวแปรตาม แปลความหมายได้ว่า ถ้าอัตราหมุนเวียนการซื้อขายหลักทรัพย์ เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะส่งผลให้มีผลิตภัณฑ์

มวลรวมในประเทศแต่ละประเทศ เพิ่มขึ้น 1,210,000,000 ดอลลาร์สหรัฐฯ แบบจำลองมีความสามารถในการประมาณการได้ร้อยละ 98.50

อภิปรายผล

การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของภาคการผลิตและภาคการเงินจะส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ข้อมูลตั้งแต่ 2546-2563 รวมระยะเวลา 18 ปี จำนวน 26 ประเทศ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการ Panel Data ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ และขั้นตอนที่เหมาะสมมากที่สุดคือขั้นตอน Random Effect Model มีผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ คือ การส่งออกสินค้าและบริการ (EGS) การใช้จ่ายเพื่อการอุปโภคบริโภคของรัฐบาล (GCE) การลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ (FDI) อัตราการขยายตัวของประชากร (POP) อัตราหมุนเวียนการซื้อขายหลักทรัพย์ (STT)

ผลการศึกษา พบว่า มีตัวแปรที่กำหนดปัจจัยผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ได้แก่ การส่งออกสินค้าและบริการที่เพิ่มขึ้น (ลดลง) 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศแต่ละประเทศเพิ่มขึ้น (ลดลง) 0.20 ดอลลาร์สหรัฐฯ สะท้อนให้ทราบว่า การส่งออกสินค้าและบริการเพิ่มขึ้น แต่ละประเทศจะได้รับรายได้เพิ่มขึ้น และธุรกิจการส่งออกมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ทำให้ผลผลิตมากขึ้นเพื่อตอบสนองต่อการส่งออกสินค้าและบริการ ในส่วนการใช้จ่ายเพื่อการอุปโภคบริโภคของรัฐบาลเพิ่มขึ้น (ลดลง) 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศแต่ละประเทศเพิ่มขึ้น (ลดลง) 5.49 ดอลลาร์สหรัฐฯ แสดงให้ทราบว่าเมื่อรัฐบาลแต่ละประเทศมีการใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นเป็นการกระตุ้นระบบเศรษฐกิจจากการใช้นโยบายทางการคลังของแต่ละประเทศ ในส่วนปัจจัยการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ เพิ่มขึ้น (ลดลง) 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศแต่ละประเทศลดลง (เพิ่มขึ้น) 0.72 ดอลลาร์สหรัฐฯ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลมีผลที่ขัดแย้งกับทฤษฎีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของ Solow โดยการคำนวณผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศแต่ละประเทศมีปัจจัยแฝงที่ส่งผลกระทบต่อแบบจำลองทำให้เกิดการขัดแย้งกันกับทฤษฎีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของ Solow ในส่วนปัจจัยอัตราการขยายตัวของประชากรที่เพิ่มขึ้น (ลดลง) ร้อยละ 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศแต่ละประเทศเพิ่มขึ้น (ลดลง) 40,600,000,000 ดอลลาร์สหรัฐฯ สะท้อนให้ทราบว่าประชากรแต่ละประเทศที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการอุปโภคบริโภคที่เพิ่มขึ้น ในส่วนปัจจัยอัตราหมุนเวียนการซื้อขายหลักทรัพย์เพิ่มขึ้น (ลดลง) ร้อยละ 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศแต่ละประเทศเพิ่มขึ้น (ลดลง) 1,210,000,000 ดอลลาร์สหรัฐฯ

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษารังนี้การวิเคราะห์ข้อมูลสามารถเกิดความคาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเองจากการเลือกของกลุ่มตัวอย่าง และปัจจัยจากตัวแปรภายนอกก็เป็นการกำหนดกลุ่มตัวอย่างจำนวนมากและลักษณะการเก็บข้อมูลแต่ละประเทศจะมีหลักเกณฑ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการใช้ข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์ที่มีความคาดเคลื่อน ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษามีเกิดข้อบกพร่องเกิดขึ้นได้

2. การศึกษารังนี้เป็นการเลือกปัจจัยจากภาคการผลิตและภาคการเงิน พบว่าปัจจัยบางตัวไม่สะท้อนให้ทราบถึงผลกระทบโดยตรงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ สาเหตุจากการลงทุนในตลาดเงินของแต่ละประเทศมีการให้ความสำคัญต่อปัจจัยดังกล่าวที่ต่างกัน

3. การศึกษาครั้งต่อไปควรนำปัจจัยอื่นทางตลาดการเงิน นำมาศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้นักลงทุนมีตัวเลือกในการตัดสินใจต่อการทดสอบตัวแปรชี้วัดทางเศรษฐกิจที่สำคัญตัวอื่น ๆ ว่าความสัมพันธ์กับปัจจัยที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบมากน้อยและมีความแตกต่างกันอย่างไร

อ้างอิง

- สุวพิชญ์ บันลือฤทธิ์. 2554. ปัจจัยทางเศรษฐกิจที่มีผลกระทบต่อดัชนีราคาหลักทรัพย์ของกลุ่มธนาคารพาณิชย์ในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. ภาควิชาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ณัฐชา บุญชื่น. 2558. ผลกระทบจากภาคการผลิตและภาคการเงินต่อตัวชี้วัดทางเศรษฐกิจ. การค้นคว้าอิสระ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- Bucci, A., and Raurich, X. (2017). Population and Economic Growth under Different Growth Engines. *German Economic Review*, 18(2), 182-211
- CIOACA, S. (2015). R&D Activities Impact on Economic Growth: Case Study on Romania. *Journal of Education and Research*, 569-578
- Phillips, P. C. B., Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, 75(2), 335–346
- The World Bank. (2022). World Development Indicators. Retrieved From <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.

แนวทางการพัฒนาพนักงานขับรถบรรทุกขนส่งสินค้าทางถนน เพื่อรองรับประเทศไทย 4.0

กมลพรรณ น้อยเจริญ¹, จุฑารัตน์ ชูศิริ²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาพนักงานขับรถบรรทุกขนส่งสินค้าทางถนน เพื่อรองรับประเทศไทย 4.0 ซึ่งการให้บริการขนส่งสินค้าทางถนนเป็นกระบวนการหนึ่งในระบบโลจิสติกส์ที่มีความสำคัญ เพราะการขนส่งสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพ มีความปลอดภัยและตรงต่อเวลาจะมีส่วนช่วย สนับสนุนและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพนักงานขับรถบรรทุกขนส่งสินค้า ถือเป็นอาชีพหนึ่งที่มีความสำคัญกับระบบโลจิสติกส์ เพราะเป็นผู้ที่ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายสินค้าไปยังจุดที่มีความต้องการทั้งเพื่อการผลิตและเพื่อการบริโภค ทำให้เกิดความต่อเนื่องของธุรกิจ การพัฒนาพนักงานขับรถบรรทุกขนส่งสินค้าให้มีคุณภาพและมีมาตรฐานอาชีพจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศ

จากการศึกษา พบว่า แนวทางการพัฒนาพนักงานขับรถบรรทุกขนส่งสินค้าทางถนน เพื่อรองรับประเทศไทย 4.0 จึงควรมีการกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาบุคลากร ซึ่งจะทำให้บุคลากรในองค์กร มีทิศทางการทำงาน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายเดียวกัน โดยการจัดทำแผนการปฏิบัติหรือตารางการปฏิบัติงานของบุคลากร เพื่อให้บุคลากรปฏิบัติงานได้อย่างเหมาะสมควรมีมาตรฐานในการวัดและประเมินบุคลากรด้านการขนส่งทางบก และควรมีมาตรฐานในการวัดและประเมินบุคลากรด้านการขนส่งทางบกต่อไป

คำสำคัญ: พนักงานขับรถ, ขนส่งทางบก, ประเทศไทย 4.0

¹ นักวิจัย ศูนย์วิจัยโลจิสติกส์และการจัดการ มหาวิทยาลัยบูรพา

² ผู้ช่วยนักวิจัย ศูนย์วิจัยโลจิสติกส์และการจัดการ มหาวิทยาลัยบูรพา

Guidelines for The Development of Road Freight Truck Drivers to Support Thailand 4.0

Kamolpun Noijaroen¹, Chutarat Chusiri²

Abstract

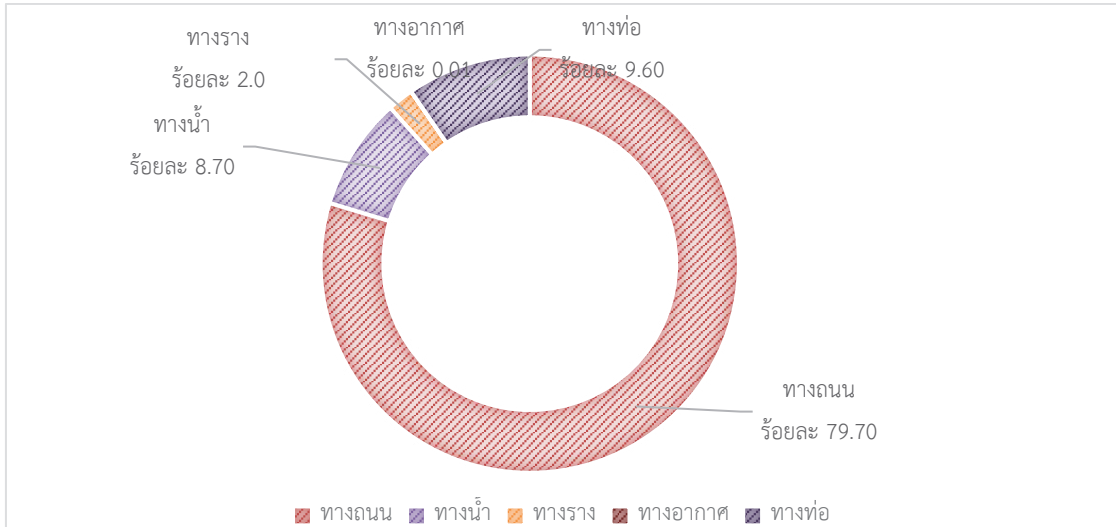
The purpose of this research was to study the development guidelines for road freight truck drivers. to support Thailand 4.0 of the country The road freight service is one of the processes in the logistics system that is important. because of the quality of transportation Being safe and punctual will help. support and add value to the country's economic growth. Especially the truck drivers transporting goods. Considered as one of the professions that are important to the logistics system. Because they are responsible for moving goods to the point of demand for both production and consumption. cause business continuity Developing quality truck drivers with professional standards is therefore very important to the development of the country's logistics system.

From the study, it was found that the development guidelines for road freight truck drivers to support Thailand 4.0. Therefore, there should be a goal for human resource development. which will make personnel in the organization have a working direction to achieve the same goal by preparing an action plan or work schedule of personnel in order for personnel to perform their duties properly, there should be standards for measuring and evaluating land transport personnel. And there should be standards for measuring and evaluating land transport personnel in the future.

Keywords: Driver, land transport, Thailand 4.0

ความสำคัญของปัญหา

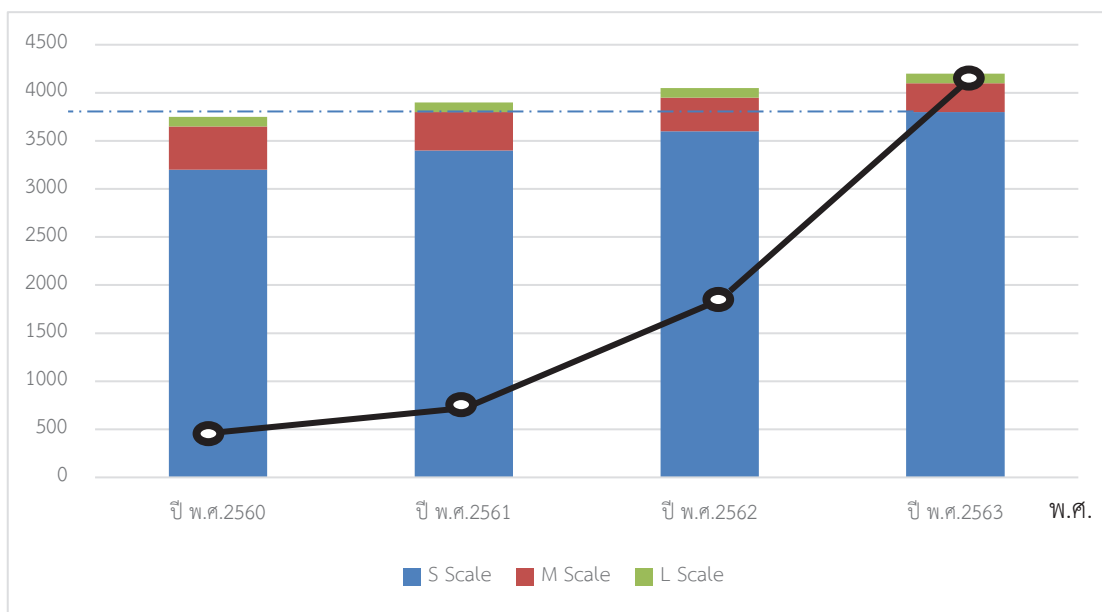
จากสัดส่วนการขนส่งในประเทศไทย พบว่า การขนส่งสินค้าของประเทศไทยใช้รูปแบบการขนส่งทางถนนร้อยละ 79.70 การขนส่งทางท่อร้อยละ 9.60 และการขนส่งทางน้ำร้อยละ 8.70 ตามลำดับ ของปริมาณขนส่งสินค้ารวม (ศูนย์วิจัยกรุงศรี, 2563)



ภาพที่ 2 สัดส่วนการขนส่งในประเทศไทย ปี พ.ศ.2563

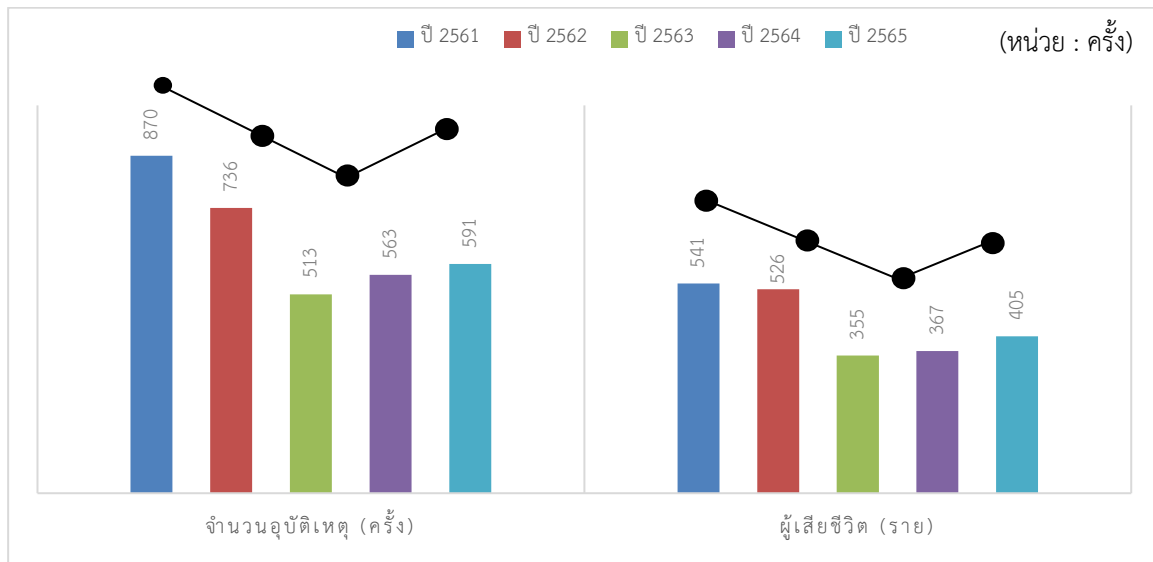
ที่มา : Thailand Domestic Freight Volume 2563, Office of The National Economic and Social Development Council : NESDC, 2563

การจดทะเบียนของผู้ให้บริการขนส่งสินค้าทางถนน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดย ปี พ.ศ. 2563 มีผู้ประกอบการจดทะเบียนผู้ให้บริการขนส่งสินค้าทางถนน ที่มีขนาดใหญ่และขนาดกลางจำนวน 376 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 9 และผู้ประกอบการจดทะเบียนขนาดย่อม จำนวน 3,867 ราย หรือร้อยละ 91.00 ของผู้ประกอบการจดทะเบียนทั้งหมด



ที่มา : ข้อมูลการจดทะเบียนนิติบุคคลประจำปี,กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์, 2563

จากจำนวนการจดทะเบียนของผู้ให้บริการขนส่งสินค้าทางถนนที่เพิ่มขึ้นแล้ว ส่งผลให้จำนวนรถบรรทุกจดทะเบียนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ.2562-2564 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของรถบรรทุกจดทะเบียนในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 6.50 ต่อปี สูงกว่ารถบรรทุกส่วนบุคคลที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 0.60 ต่อปี (จำนวนการจดทะเบียนของรถบรรทุกในประเทศไทย, Office of The National Economic and Social Development Council : NESDC, Ministry of Transport : MOT, 2564)



ภาพที่ 5 ความสูญเสียที่เกิดจากรถบรรทุก ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 – 2565

ที่มา : รายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุจากรถบรรทุก กลุ่มแผนงานความปลอดภัย สำนักสวัสดิภาพการขนส่งทางบกกรมการขนส่งทางบก, 2565

จะเห็นได้ว่าจำนวนการสูญเสียที่เกิดจากรถบรรทุก ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 - 2564 พบว่า จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดจากรถบรรทุก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 9.75 และจำนวนผู้เสียชีวิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 3.38 จากภาพความสูญเสียที่เกิดจากรถบรรทุก ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 – 2564 ได้มีการเชื่อมโยงกับชุดข้อมูลสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุของรถบรรทุก ปี พ.ศ. 2561 – 2564 พบว่า สาเหตุมาจากผู้ให้บริการขนส่งสินค้าทางถนนประเภทรถบรรทุกเป็นต้นเหตุสำคัญ ปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ ได้แก่ การขับรถประมาท การขับเร็ว การขับติดต่อกันเป็นระยะเวลานานเป็นผลทำให้ร่างกายอ่อนเพลียหรือหลับใน และการขับรถตามหลังในระยะกระชั้นชิด ตามลำดับ (กลุ่มแผนงานความปลอดภัย สำนักสวัสดิภาพการขนส่งทางบก กรมการขนส่งทางบก, 2564) รวมทั้งยังมีการรับเรื่องร้องเรียนผ่านศูนย์คุ้มครองผู้โดยสารรถสาธารณะ ตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางบก พบว่า ประเภทรถบรรทุกส่วนบุคคลและรถบรรทุกไม่ประจำทาง (กรมขนส่งทางบก, 2565) มีแนวโน้มจำนวนร้องเรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.38 โดยมีข้อหาร้องเรียนจำนวน 4,085 ข้อร้องเรียน คิดเป็นร้อยละ 40.85 ได้แก่ ดัดแปลงสัญญาณไฟ อุปกรณ์ส่วนควบไม่ถูกต้อง และขับรถประมาทนำพหาวาดเสียว ตามลำดับ (สถิติการรับเรื่องร้องเรียน กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงานกรมการขนส่งทางบก, 2565) ซึ่งจะเห็นได้ถึงความไม่มีประสิทธิภาพของผู้ให้บริการขนส่งทางถนน ความไม่พร้อมในการดำเนินงาน และการขาดคุณภาพที่เกี่ยวข้องในทางตรงและทางอ้อมของการดำเนินงาน

จะเห็นได้ว่าการให้บริการขนส่งสินค้าทางถนนเป็นกระบวนการหนึ่งในระบบโลจิสติกส์ที่มีความสำคัญ เพราะการขนส่งสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพ มีความปลอดภัยและตรงต่อเวลาลงมีส่วนช่วย สนับสนุนและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพนักงานขับรถบรรทุกขนส่งสินค้า ถือเป็นอาชีพหนึ่งที่มีความสำคัญกับระบบโลจิสติกส์ เพราะเป็นผู้ที่ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายสินค้าไปยังจุดที่มีความต้องการทั้งเพื่อการผลิตและเพื่อการบริโภค ทำให้เกิดความ

ต่อเนื่องของธุรกิจ การพัฒนาพนักงานขับรถบรรทุกขนส่งสินค้าให้มีคุณภาพและมีมาตรฐานอาชีพจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศ

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาพนักงานขับรถบรรทุกขนส่งสินค้าทางถนน เพื่อรองรับประเทศไทย 4.0

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ที่มีเนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาและนำข้อมูลที่ได้ศึกษามานั้น มาประกอบสนับสนุนในการวิเคราะห์ดังนี้

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้า แลเมเบิร์ท ได้ให้ความหมายของโลจิสติกส์ไว้ว่าเป็นกระบวนการวางแผนการดำเนินงานและการควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้การเคลื่อนย้ายการจัดเก็บวัตถุดิบสินค้าระหว่างผลิตสินค้าสำเร็จรูปและสารสนเทศที่เกี่ยวข้องดำเนินไปจากแหล่งจัดหาไปสู่จุดบริโภคเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าด้วยต้นทุนประสิทธิภาพในการขนส่ง การพัฒนาการขนส่งนั้นมุ่งที่จะพัฒนาให้การขนส่งมีคุณภาพมีมาตรฐานและประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งตามหลักของการขนส่งแล้วถือว่าการขนส่งที่มีประสิทธิภาพจะต้องประกอบด้วยคุณสมบัติดังต่อไปนี้

ความรวดเร็ว การขนส่งที่มีความรวดเร็วสามารถที่จะทำให้สินค้าและบริการต่างๆ ไปสู่ตลาดได้อย่างรวดเร็วทันเวลาและทันต่อความต้องการมีความสดและมีคุณภาพเหมือนกับสินค้าและบริการที่แหล่งผลิต

การประหยัด การขนส่งที่มีประสิทธิภาพจะต้องทำให้เกิดการประหยัดในต้นทุนการขนส่ง และประหยัดในราคาค่าบริการ กล่าวคือ ผู้ประกอบกิจการขนส่งต้องพยายามให้ต้นทุนในการขนส่งต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ซึ่งเมื่อต้นทุนในการขนส่งต่ำแล้วการเรียกเก็บอัตราค่าบริการก็ลดลงด้วยอันจะทำให้ผู้ใช้บริการประหยัดค่าใช้จ่ายในการเสียอัตราค่าบริการโดยสารหรือค่าระวางด้วย ดังนั้น ความประหยัดถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของการขนส่งที่มีประสิทธิภาพ

ความปลอดภัย หมายถึง ความปลอดภัยจากการสูญเสียบหรือเสียหายของสินค้าตลอดจนความปลอดภัยของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งด้วยซึ่งถือได้ว่าเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับระบบการขนส่งซึ่งถือได้ว่าผู้ประกอบการขนส่งต้องรับผิดชอบต่อการสูญเสียบและเสียหายในทุกอย่างที่เกิดขึ้นต่อสินค้าและบริการ

ความสะดวกสบาย การขนส่งที่ดีจะต้องให้ความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้บริการหรือความสะดวกในการขนส่งสินค้าและบริการ เช่น ยานพาหนะจะต้องมีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ ไว้อย่างครบถ้วน พร้อมทั้งนำมาใช้ในการเคลื่อนย้ายได้ทันที

ความแน่นอนเชื่อถือได้และตรงต่อเวลา ถือเป็นเรื่องที่สำคัญอีกประการหนึ่งสำหรับการขนส่งเพราะการขนส่งที่ดีและมีประสิทธิภาพจะต้องมีกำหนดในการเดินทางที่แน่นอนเชื่อถือได้และตรงต่อเวลามีจำนวนเที่ยวที่วิ่ง เวลาที่จะออกเดินทางจากต้นทางเวลาที่เดินทางถึงปลายทาง ระยะเวลาในการเดินทาง เวลาที่จะผ่านจุดที่สำคัญต่างๆซึ่งจะต้องระบุไว้และจะต้องรักษาเวลาให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้จึงจะถือว่ามีประสิทธิภาพ (คำนาย อภิปรัชญาสกุล, 2556)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการพัฒนาพนักงานขับรถบรรทุกขนส่งสินค้าทางถนน เพื่อรองรับประเทศไทย 4.0

งานวิจัย	ผู้แต่ง	ประเด็นปัญหา
แนวทางการพัฒนาขีดความสามารถทางการแข่งขันของผู้ประกอบการขนส่งสินค้าทาง	จินตนา สีหาพงษ์, 2561	-การบริหารจัดการ การปรับตัวของผู้ประกอบการ

ถนนของไทยเพื่อรองรับการเปิดเสรีทางการค้า		-ศักยภาพของบุคลากรในการดำเนินงาน
การเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการสำหรับธุรกิจตัวแทนรับขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ	ยลวรรณ มีเมศกุล,2565	-ระดับคุณภาพและมาตรฐานการให้บริการ -ความสามารถของผู้ให้บริการ -ความพึงพอใจของลูกค้า
ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาาระบบโลจิสติกส์ด้านการขนส่งสินค้าบนถนนในจังหวัดแม่ฮ่องสอน	วณิชญาดา วาจิรัมย์,2565	-กระบวนการด้านการขนส่งยังไม่มีประสิทธิภาพ
ปัจจัยเสริมสร้างอิทธิพลของคุณภาพการบริการที่มีต่อสมรรถนะการให้บริการขนส่งสินค้าทางถนนของผู้ให้บริการโลจิสติกส์	ฐาปณี เรืองศรีโรจน์ และขวัญกมล ดอนขวา,2563	-การเพิ่มขึ้นของผู้ประกอบการ -ทักษะของบุคลากร
การพัฒนาารูปแบบการบริหารจัดการธุรกิจขนส่งและการกระจายสินค้า เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน	ปิยะนุช สัมฤทธิ์, สักรินทร์ อยู่ผ่อง, อัครรัตน์ พูลกระจ่าง,2564	-ปัญหาข้อจำกัดในการดำเนินงาน -ปัญหาข้อจำกัดด้านการบริหารจัดการหรือบริหารงานที่เป็นระบบ -ปัญหาด้านแรงงานที่มีปัญหาในการเข้าออกสูงซึ่งทำให้คุณภาพแรงงานไม่สม่ำเสมอและมีการพัฒนาที่ไม่ต่อเนื่อง ปัญหาขาดความรู้พื้นฐานที่รองรับเทคนิควิชาการที่ทันสมัย
ความพึงพอใจในบริการธุรกิจขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุก	กิตติกานต์ พรหมเมตจิต,2562	-ปัญหาด้านคุณภาพการให้บริการ -ระดับความพึงพอใจของลูกค้าในการใช้บริการธุรกิจขนส่งทางบก
การวิเคราะห์และหาแนวทางในการลดต้นทุนการขนส่ง	จุฬามาศ ทองทวี,2563	-ต้นทุนการขนส่งที่สูง
ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บริการสำหรับการขนส่งพัสดุภัณฑ์	กัญญาภัทร เล้าห์กมล,2564	-ความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มมากขึ้น ต้องการคุณภาพในการขนส่งที่มากขึ้น
ปัจจัยและกิจกรรมทางโลจิสติกส์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการธุรกิจไม้ดอกไม้ประดับในหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง 15 จังหวัดนครนายก	ธนกร เหมือนใจ,2562	-คุณภาพในการขนส่งไม่มีประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพทางด้านโลจิสติกส์ของผู้ให้บริการขนส่งสินค้าทางถนนที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ประกอบการส่งออกผลไม้ในไทย	ศิริวรรณ กาวีชา,2563	-ต้นทุนในการขนส่ง -มาตรฐานของการขนส่งไม่เท่ากัน -การติดต่อประสานงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ
Economic effects of transport sectors on Croatian economy: an input-output approach	Keček, Damira; Brlek, Predrag; Buntak,2022	-ต้นทุนสูง
Transportation Planning at ITE Today	Broshears, Luana, PhD, PE, PTOE, RSP21 (M); Zimmerman, Aaron T, PTP(M) ,2022	-ความสามารถในการดำเนินธุรกิจที่แตกต่างกัน
Service quality evaluation of international freight forwarders: an empirical research in East Asia	Sheng Teng Huang; Bulut, Emrah; Duru, Okan,2019	-คุณภาพการบริการของผู้ขนส่งสินค้าระหว่างประเทศที่ต่างกัน
Freight-Efficient Land Uses: Methodology, Strategies, and Tools	Holguin-Veras, Jose; Ramirez-Rios, Diana; Ng, Juvena; Wojtowicz, Jeffrey; Haake, Daniel,2021	-ต้นทุนการดำเนินแต่ละขั้นตอนที่สูง
IMPACT ANALYSIS OF URBAN FREIGHT TRIPS GENERATED FROM WHOLESALE MARKET, AHMEDABAD	Chaudhari, Jignesh; Shukla, Rena N; Patel, Chetan R,2022	-ปัญหาการขนส่งสินค้ากับการจราจร
THE IMPACT OF THE DEVELOPMENT OF PERSONNEL COSTS ON THE PROFITABILITY INDICATORS OF ROAD FREIGHT TRANSPORT COMPANIES IN THE CZECH REPUBLIC	Kutac, Josef; Janovska, Kamila; Kutac, Tomas; Besta, Petr,2022	-ความสามารถในการทำกำไรขององค์กรน้อย เนื่องจากต้นทุนด้านบุคลากรสูง
Multimodal Container Transportation Traceability and Supply Chain Risk	Ouedraogo, Cheik; Montarnal, Aurelie;	-ความเสี่ยงจากการบริหารจัดการการขนส่ง

Management: A Review of Methods and Solutions	Gourc, Didier. ,2022	
Towards the sustainable development of logistics system model: A system dynamics approach	Xuehua; Zhai, Yue; Fu, Shaochuan; Lu, Changxiang,2023	-ศักยภาพในการให้บริการของระบบโลจิสติกส์ต่ำ และการตอบสนอง
THE IMPACT OF LOGISTICS CAPACITIES ON THE LOGISTICS PERFORMANCE OF LSPS: RESULTS OF AN EMPIRICAL STUDY	Assabane, Ibrahim; El Imrani, Ouail,2022	-ขาดความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์
รูปแบบการจัดการอุบัติเหตุจากการขนส่งสินค้าทางถนน	ยุทธจักร อุตเจริญ ,2564	-พฤติกรรมของคนขณะขับขี่รถบนท้องถนน เช่น การไม่ชอบเปิดไฟเลี้ยว,การตัดสินใจช้าและชอบเปลี่ยนเลนกะทันหัน, การไม่ปฏิบัติตามเครื่องหมายจราจร, การขับเร็ว,การไม่ชะลอรถขณะเข้าทางแยก,การตีแอสอลล์ขณะขับขี่, การมีพฤติกรรมชอบขับแทรก แซง ปาด เพื่อทำให้ไปได้ไวขึ้น,การคุยโทรศัพท์หรือเล่นโซเชียลขณะขับรถ
ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการใช้บริการการขนส่งทางบกของบริษัท เอ็น.พี.เอ็ม. ทรัค แอนด์ ทรานสปอร์ต จำกัด	ศุภรัตน์ อภิชาติวงศ์ชัย,2562	-การจัดส่งที่ไม่ตรงเวลา -ต้นทุนค่าขนส่งสูงเกินไป -สินค้าเกิดความเสียหายในขณะจัดส่ง
การพัฒนาสมรรถนะของพนักงานขับรถขนส่ง ตามหลัก 7R กรณีศึกษา: กลุ่มธุรกิจขนส่งสินค้า	สุพัต อิศราศิวกุล ,2563	-ปัญหาได้รับข้อร้องเรียนจากลูกค้าอันเนื่องจากการตรวจเช็ครับงานผิดพลาดทั้งงานรับงานมาไม่ครบ -การปฏิบัติงานที่ไม่ปลอดภัย งานเสียหาย อุบัติเหตุในการทำงาน และการขับรถ -การส่งมอบผลิตภัณฑ์ไม่ตรงตามเวลาที่ลูกค้ากำหนด
ASSESSMENT OF CUSTOMER SATISFACTION IN TRANSPORTATION AND DISTRIBUTION: A CASE STUDY OF JING DONG COMPANY	YANLING QIN,2020	1. ระบบการบริการลูกค้าออนไลน์ไม่สมบูรณ์ 2. ผู้จัดส่งขาดความเชี่ยวชาญในการให้บริการ 3. ความเร็วในการจัดส่งลดลง

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในการเลือกผู้ให้บริการขนส่งโลจิสติกส์ของผู้ประกอบการอีคอมเมิร์ซ	กรวิฑ ชุณห์นุรักษ์ ,2562	1.สินค้าเกิดสูญหายระหว่างการส่งมอบ 2. สินค้าเกิดความเสียหายไม่อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ 3. สินค้าส่งผิด จุดหมายปลายทาง ไม่สามารถติดตามสินค้าได้
---	--------------------------	---

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ประเด็นปัญหาหลักมาจากบุคลากรที่ขาดความรู้ ขาดทักษะความชำนาญในการดำเนินงาน จึงก่อให้เกิดผลของการปฏิบัติงานที่ไม่เป็นมาตรฐาน และขาดประสิทธิภาพ

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาแนวทางการพัฒนาพนักงานขับรถบรรทุกขนส่งสินค้าทางถนน เพื่อรองรับประเทศไทย 4.0 โดยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญภาควิชาการ จำนวน 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญภาครัฐ จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญภาคเอกชน 3 ท่าน

ผลการวิจัย

1. ควรกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาบุคลากร ซึ่งจะทำให้บุคลากรในองค์กร มีทิศทางการทำงาน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายเดียวกัน
2. ควรจัดทำแผนการปฏิบัติหรือตารางการปฏิบัติงานของบุคลากร เพื่อให้บุคลากรปฏิบัติงานได้อย่างเหมาะสม ไม่ปฏิบัติงานต่อเนื่องนานเกินไปจนเกิดความเหนื่อยล้า
3. ควรมีมาตรฐานในการวัดและประเมินบุคลากรด้านการขนส่งทางบก
4. ควรมีการจัดกิจกรรมเพื่อเสริมสร้างขวัญและกำลังใจให้แก่บุคลากร เช่น มีสวัสดิการแก่บุคลากร การแข่งขันทักษะการปฏิบัติงาน การสนับสนุนทุนการศึกษาแก่บุตรของบุคลากร เป็นต้น
5. ควรมีการจัดทำฐานข้อมูลบุคลากรในองค์กร ได้แก่ ประวัติบุคคล การศึกษา การทำงาน การฝึกอบรม เพื่อใช้ในการจัดทำแผนในการพัฒนาและประเมินศักยภาพของบุคลากร
6. ควรมีการจัดทำแผนการปฏิบัติงานของบุคลากรอย่างเหมาะสม มีการกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานเป็นสายลักษณะอักษรอย่างเป็นระบบ มีการบันทึกผลการปฏิบัติงาน ตรวจสอบความถูกต้อง และวิเคราะห์ความผิดพลาดเพื่อปรับปรุงการดำเนินงานและป้องกันความผิดพลาด
7. ควรมีการตรวจสอบความพร้อมของบุคลากรขับรถขนส่งก่อนออกปฏิบัติงาน โดยการสุ่มตรวจระหว่างการปฏิบัติงานและหลังจากการปฏิบัติงาน
8. ควรมีการฝึกอบรมและพัฒนาทักษะของพนักงานด้านการขนส่งเป็นประจำอย่างน้อย 2 หลักสูตรต่อปี ได้แก่ การขับขี้อย่างปลอดภัย การตรวจสภาพและการบำรุงรักษารถเบื้องต้น
9. ควรมีการตรวจสอบสุขภาพพนักงานขับรถอย่างน้อยตามรายการและความถี่การตรวจตามช่วงอายุที่สำนักงานประกันสังคมกำหนด และเก็บรักษาผลอย่างเป็นระบบ
10. ควรมีการตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์ของพนักงานขับรถโดยใช้เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ สรุปผลการตรวจ และมีมาตรการดำเนินการอย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

1. พัฒนาและสรรหาบุคลากรให้มีความรู้ความเข้าใจในด้านการบริหารงานด้านโลจิสติกส์อย่างจริงจังและชัดเจน นำความรู้ด้านโลจิสติกส์ที่ได้มาใช้ในการบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ
2. ลดต้นทุนค่าขนส่ง ซึ่งค่าขนส่งที่เกิดขึ้นจากการใช้รถในการขนส่ง หลักๆได้แก่ ค่าเชื้อเพลิง ค่าบำรุงรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการบริหารงานด้านโลจิสติกส์ ถ้าใช้งานอย่างถูกต้องจะควบคุมในส่วนนี้ให้เหมาะสมและมีความคุ้มค่ามากขึ้น
3. วางแผนระยะยาวสำหรับการขนส่ง ซึ่งเมื่อมีความชำนาญมากขึ้นก็ควรพัฒนาในการบริหารด้านโลจิสติกส์ให้ครบครันขึ้นในทุกๆด้าน ซึ่งถือเป็นการขยายฐานเพื่อวางแผนในการรับตลาดที่ใหญ่ขึ้นด้วย
4. พัฒนางค์กรให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ มีการค้นหาการบริหารจัดการใหม่ๆที่สามารถลดต้นทุนในการขนส่งให้ต่ำลง แต่ยังคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพเท่าเดิมหรือมากขึ้น ถือเป็นการสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันอย่างต่อเนื่องอีกด้วย
5. สร้างความสัมพันธ์กับลูกค้าอย่างต่อเนื่อง(Customer Relationship Management) เพราะลูกค้าเก่าก็ยังเป็นฐานที่สำคัญในด้านธุรกิจ และการตอบสนองที่ดีของลูกค้าเก่าก็จะนำไปสู่เป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นกัน
6. ภาครัฐต้องให้การช่วยเหลือสนับสนุนในด้านต่างๆ โดยเฉพาะด้านเงินทุน มีการกำหนดหน่วยงานรับผิดชอบให้ชัดเจน และประชาสัมพันธ์ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องให้เห็นความสำคัญในการจัดการในงานด้านโลจิสติกส์ของประเทศ

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์. ข้อมูลการจดทะเบียนนิติบุคคลประจำปี. http://www.dbd.go.th/more_news.php?cid=1780,2565
- กลุ่มแผนงานความปลอดภัย สำนักสวัสดิภาพการขนส่งทางบกกรมการขนส่งทางบก. รายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุจากรถบรรทุก. https://www.dlt.go.th/minisite/m_upload/m_files/ltsb/file_b9a6d04fd9bade5939d3761b7ec27814.pdf, 2564
- ศูนย์วิจัยกรุงศรี. แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรมปี 2565-2567: ธุรกิจบริการขนส่งสินค้าทางถนน. https://www.krungsri.com/getmedia/d222fed4-e54b-4eeb9b994c447b473811/IO_Road_Transport_220824_TH_EX.pdf.aspx, 2565.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.). แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2560-2564). <https://www.nesdc.go.th/download/document/logistic/plan3.pdf>, 2559.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564). https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=6422,2562.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.). (ร่าง) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570). <https://www.nesdc.go.th/download/document/Yearend/2021/plan13.pdf>, 2565
- สำนักสวัสดิภาพการขนส่งทางบกกรมการขนส่งทางบก. รายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุจากรถบรรทุก กลุ่มแผนงานความปลอดภัย. <https://www.dlt.go.th/site/ltsb/>, 2564.

การวัดความสามารถในการส่งออกปลาทุ่นำเกราะป้องกันของไทย

สุทธินิ ยอดอินทร์¹ และสุจิตรา บุญจันทร์^{2*}

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ การวัดความสามารถในการส่งออกปลาทุ่นำเกราะป้องกันของไทย โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการส่งออกปลาทุ่นำเกราะป้องกันของไทย ด้วยแบบจำลองส่วนแบ่งการตลาดคงที่ (Constant Market Share Model: CMS) ใช้ข้อมูลจาก UN Comtrade โดยแบ่งช่วงเวลาที่ทำการศึกษาออกเป็น 6 ช่วง คือ ปี 2537-2539, ปี 2540-2543, ปี 2544-2546, ปี 2547-2549, ปี 2550-2553 และปี 2554-2558 ตามเหตุการณ์ที่อาจส่งผลกระทบต่อ การส่งออกปลาทุ่นำเกราะป้องกันของไทยในช่วงเวลาดังกล่าว ผลการศึกษาพบว่า มูลค่าเฉลี่ยของการส่งออกปลาทุ่นำเกราะป้องกันเพิ่มขึ้นในช่วงปี 2540-2543 เทียบ 106.89 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ กับ 2537-2539 เท่ากับ 0.95 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ และเพิ่มขึ้น ในปี 2544-2546 เทียบกับ 2540-2543 และเพิ่มขึ้น 383.77 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ ในช่วงปี 2547-2549 เทียบกับ 2544-2546 และเพิ่มขึ้น 614.62 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ ในช่วงปี 2550-2553 เทียบกับ 2547-2549 และเพิ่มขึ้น 670.71 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ ในช่วงปี 2554-2558 เทียบกับ 2550-2553 โดยมีกลุ่มปัจจัยจากการขยายตัวทางการค้ารวมของการค้าโลก ส่งผลทางบวกต่อมูลค่าการส่งออกปลาทุ่นำเกราะป้องกันทุกช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ส่วนกลุ่มปัจจัยจากการกระจายตลาด ส่งผลทางลบช่วงเวลาเดียว คือในช่วงปี 2540-2543 เทียบกับ 2537-2539 ส่วนผลจากการแข่งขันอย่างแท้จริง ส่งผลทางลบช่วงแรก และช่วงท้ายสำหรับกลุ่มผลจากการส่งเสริมการส่งออก ส่งผลทางลบสองช่วงแรก และสองช่วงท้ายแต่ส่งผลทางบวกในช่วงปี 2547-2549 เทียบกับ 2544-2546

คำสำคัญ: การส่งออกปลาทุ่นำเกราะป้องกัน, ความสามารถในการแข่งขัน, แบบจำลองส่วนแบ่งการตลาดคงที่

¹ นักวิจัยอาวุโส, ศูนย์วิจัยโลจิสติกส์และการจัดการมหาวิทยาลัยบูรพา, จังหวัดชลบุรี, 20131

² ผู้ช่วยนักวิจัย, ศูนย์วิจัยโลจิสติกส์และการจัดการมหาวิทยาลัยบูรพา, จังหวัดชลบุรี, 20131

* Corresponding Author: E-mail: sujitra2112@gmail.com

The Export Competitiveness of THAILAND'S Canned Tuna

Suthinee Yod-in¹ and Sujitra Boonjun^{2*}

Abstract

The objective of this study was to measure the export Competitiveness for Canned Tuna from Thailand by analyzing changes in its export value. The analyses were conducted using the Constant Market Share Model. The data used were from the UN Comtrade Database in the following 5 study periods: 1994-1996, 1997-2000, 2001-2003, 2004-2006, 2007-2010 and 2011-2015. These periods correlate with events which could have affected Canned Tuna exports from Thailand. The study showed that the average value of canned tuna exports was increased 0.95 million U.S.dollars in the years 1997 to 2000 compared to the years 1994 to 1999. It was still increased 106,89 million U.S.dollars in years 2001 to 2003 compared to the years 1997 to 2000. It was still increased 383.77 million U.S.dollars in years 2004 to 2006 compared to the years 2001 to 2003, It was still increased 614.62 million U.S.dollars in years 2007 to 2010 compared to the years 2004 to 2006. It was still increased 670.71 million U.S.dollars in years 2011 to 2015 compared to the years 2007 to 2010. Factors explaining the world growth effect had positive effect to the export values of frozen shrimps in every period studied. For factor explaining the market distribution effect had negative effect in the only periods studied. For factor explaining pure competitiveness effect had negative effect in the first periods and the last periods studied. For factor explaining interaction effect had negative effect in the first two periods and the two last periods studied.

Keywords: Canned Tuna Export, Competitiveness, Constant Market Share

บทนำ

ในช่วงปี 2537-2563 การส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องของไทยไปยังตลาดโลก มีปริมาณเฉลี่ย 433.13 ตันต่อปี มูลค่าเฉลี่ย 1,467.89 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯต่อปี โดยการส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องไปยังสหรัฐอเมริกา มีปริมาณและมูลค่าการส่งออกสูงถึงปีละ 96.03 ล้านตัน และ 336.55 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ ตามลำดับ (United Nations Commodity Trade Statistics Database, n.d.) รวมทั้งยังส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องไปยังตลาดส่งออกที่สำคัญ เช่น สหรัฐอเมริกา อียิปต์ ญี่ปุ่น แคนาดา ฟินแลนด์ ออสเตรเลีย สหราชอาณาจักร เยอรมนี เนเธอร์แลนด์ และอิตาลี ซึ่งจะเห็นได้ว่าปลาทุ่นำกระป๋องของไทยมีความต้องการมาก และเพื่อให้สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ประเทศไทยจำเป็นต้องมีวิถีดุติบในการแปรรูปที่มีประสิทธิภาพ โดยผลผลิตที่เป็นวิถีดุติบให้กับอุตสาหกรรมปลาทุ่นำกระป๋องภายในประเทศส่วนใหญ่ นำเข้ามาจากต่างประเทศถึงร้อยละ 95 แต่จับโดยเรือประมงของไทยเพียงร้อยละ 5 (สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า, 2559, น.91) ซึ่งแหล่งนำเข้าปลาทุ่นำที่สำคัญของประเทศไทย คือ ไต้หวัน สหรัฐอเมริกา เกาหลี วานิวตู หมู่เกาะมาร์แชลล์ ญี่ปุ่น จีน ฟิลิปปินส์ สหภาพยุโรป มัลดีฟส์ ไมโครนีเซีย หมู่เกาะโซโลมอน อินโดนีเซีย ปาปัวนิวกินี

ช่วงเหตุการณ์ที่สำคัญที่เกิดขึ้นทั้งภายในและภายนอกประเทศที่ผ่านมา ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงการส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากวิถีดุติบที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ มีปัจจัยที่มีผลต่อการแข่งขันที่เกิดขึ้นได้ เช่น การผันผวนของราคาสินค้า และอัตราแลกเปลี่ยนกับประเทศผู้นำเข้าปลาทุ่นำกระป๋องที่สำคัญ การเกิดวิกฤติเศรษฐกิจในประเทศและต่างประเทศ เป็นต้น ซึ่งการผันผวนของราคาสินค้าที่เกิดจากความต้องการในการบริโภคทำให้ไม่สามารถคาดการณ์ทิศทาง และแนวโน้มของผู้บริโภคได้ เป็นผลจากการสนิมในการบริโภคปลาทุ่นำกระป๋องในแต่ละช่วงเวลา การผันผวนของอัตราแลกเปลี่ยน จะเกิดผลต่อผู้ส่งออกปลาทุ่นำกระป๋อง เกิดจากเสถียรภาพของระบบเศรษฐกิจทั้งภายในและภายนอกประเทศ อย่างเช่น การไม่มีเสถียรภาพจากการเกิดวิกฤติเศรษฐกิจภายในและภายนอกประเทศ ทำให้มูลค่าและปริมาณการส่งออกเกิดการเปลี่ยนแปลง อาทิ ในช่วงปี 2540-2543 ช่วงปี 2544-2546 และช่วงปี 2547-2549 ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการเกิดวิกฤติเศรษฐกิจต้มยำกุ้ง ส่งผลให้ค่าเงินบาทอ่อนค่าตั้งแต่ปี 2541-2549 ทำให้ราคาส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องลดลง ส่งผลให้ปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้น มีปริมาณการส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องเฉลี่ย 256.53 ล้านตัน 338.23 ล้านตัน และ 445.04 ล้านตัน ตามลำดับ แต่รัฐบาลมีนโยบายและมาตรการในการสนับสนุนและส่งเสริมอุตสาหกรรมปลาทุ่นำกระป๋อง ได้มีการปรับลดภาษีอากรนำเข้าวิถีดุติบ การนำเข้าเดิมก่อนปี 2542 เสียอากรนำเข้าในอัตราร้อยละ 30 ต่อมาในปี 2542 กระทรวงการคลัง ได้ประกาศเรื่องการยกเว้นอากรและการลดอัตราอากรศุลกากร เป็นร้อยละ 5 ทำให้ช่วยลดต้นทุนค่าวิถีดุติบให้กับผู้ประกอบการ อีกทั้งในปี 2550 จากปัญหาวิกฤติแฮมเบอร์เกอร์ ทำให้เศรษฐกิจประเทศคู่ค้าของไทยชะลอตัว ส่งผลให้การส่งออกของไทยชะลอตัวลง เป็นวิกฤติเศรษฐกิจของสหรัฐฯ ซึ่งส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจโลกเนื่องจากเป็นประเทศมหาอำนาจ จึงทำให้กระทบต่อเศรษฐกิจเป็นวงกว้าง ส่งผลให้ราคาส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องมีราคาเพิ่มขึ้น

การส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องของไทยเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งมูลค่าการส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ 2537-2558 และสามารถสร้างมูลค่าสูงถึง 2,399.37 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ กลับมีแนวโน้มลดลงเหลือเพียง 2,183.52 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ ในช่วงปี 2559-2563 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงจากสถานการณ์ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ส่งผลต่อความสามารถในการส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องของไทย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาและปรับปรุงแนวทางในการวางนโยบายที่กำหนดไว้เดิม เพื่อเป็นการยกระดับความสามารถในการส่งออกให้เพิ่มมากขึ้นต่อการเปลี่ยนแปลง และส่งเสริมให้เกิดแรงผลักดันในการแข่งขันทั้งในระดับในประเทศและต่างประเทศ

วัตถุประสงค์

การวัดความสามารถในการส่งออกปลาทุ่นำการปกป้องของประเทศไทย โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการส่งออกของปลาทุ่นำการปกป้องของประเทศไทย ด้วยแบบจำลองส่วนแบ่งการตลาดคงที่ (Constant Market Share Model: CMS)

ประโยชน์ที่ได้รับ

ทำให้ทราบถึงปัจจัยใดที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงมูลค่าการส่งออกปลาทุ่นำการปกป้องของไทย และสาเหตุที่ทำให้ได้รับผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงการส่งออก เพื่อรักษาและเพิ่มมูลค่าการส่งออกให้มากขึ้น ตลอดจนได้รับผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงการส่งออกให้ได้รับผลกระทบน้อยที่สุด เพื่อเสนอแนวทาง ข้อเสนอเชิงนโยบาย การส่งออกปลาทุ่นำการปกป้องของไทย

การทบทวนวรรณกรรม

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถในการส่งออกปลาทุ่นำการปกป้อง พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ การวิเคราะห์ความสามารถในการส่งออกปลาทุ่นำการปกป้องของประเทศไทยไปประเทศสหราชอาณาจักร ของ ณรงค์ สวรรค์โพธิ์พันธุ์ (2547) โดยใช้แบบจำลองส่วนแบ่งการตลาดคงที่ ได้พบว่า การวิเคราะห์ความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบสินค้าปลาทุ่นำการปกป้องในตลาดสหราชอาณาจักร โดยประเทศที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ประเทศไทย ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย ตั้งแต่ปี 2540-2545 พบว่าไทย ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย มีความได้เปรียบ โดยเปรียบเทียบการวิเคราะห์ส่วนแบ่งการตลาดคงที่ ปี 2541 เทียบกับปี 2540 ผลรวมการขยายตัวการส่งออกเท่ากับ 3.996 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ เป็นผลมาจากผลจากการขยายตัวของตลาดโลกเพิ่มขึ้น ผลจากการแข่งขันลดลง และผลกระทบร่วมลดลงในปี 2542 เทียบกับปี 2541 ผลรวมการขยายตัวการส่งออกเท่ากับ -21.646 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ เป็นผลมาจากผลจากการขยายตัวของตลาดโลกลดลง ผลจากการแข่งขันลดลง และผลกระทบร่วมเพิ่มขึ้น ในปี 2543 เทียบกับปี 2542 ผลรวมการขยายตัวการส่งออกเท่ากับ -13.649 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ เป็นผลมาจากผลจากการขยายตัวของตลาดโลกลดลง ผลจากการแข่งขันลดลง และผลกระทบร่วมเพิ่มขึ้น ในปี 2544 เทียบกับปี 2543 ผลรวมการขยายตัวการส่งออก เท่ากับ 10.02 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ เป็นผลมาจากผลจากการขยายตัวของตลาดโลกเพิ่มขึ้น ผลจากการแข่งขันเพิ่มขึ้น และผลกระทบร่วมเพิ่มขึ้น ในปี 2545 เทียบกับปี 2544 ผลรวมการขยายตัวการส่งออก เท่ากับ 0.645 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ เป็นผลมาจากผลจากการขยายตัวของตลาดโลกเพิ่มขึ้น ผลจากการแข่งขันลดลง และผลกระทบร่วมลดลงเปรียบเทียบระหว่างปี 2540-2542 และปี 2543-2545 ผลรวมการขยายตัวการส่งออกลดลงเท่ากับ -20.028 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ เป็นผลมาจากผลจากการขยายตัวของตลาดโลกลดลง ผลจากการแข่งขันลดลง และผลกระทบร่วมเพิ่มขึ้น

การศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ความสามารถในการส่งออกปลาทุ่นำการปกป้องของประเทศไทยไปตลาดสหภาพยุโรป ของ Isaac Mensah (2010) โดยใช้แบบจำลองส่วนแบ่งการตลาดคงที่ ได้พบว่า การวิเคราะห์ความได้เปรียบ โดยเปรียบเทียบสินค้าทุ่นำการปกป้องในสหภาพยุโรป 27 โดยประเทศที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ กานา โกตดิวัวร์ เอกวาดอร์ มาดากัสการ์ และไทย ตั้งแต่ปี 2542-2542 พบว่าประเทศที่ทำการศึกษามีศักยภาพในการส่งออก การวิเคราะห์ส่วนแบ่งการตลาดคงที่ปลาทุ่นำการปกป้องในตลาดสหภาพยุโรป 27 ส่วนแบ่งตลาดปลาทุ่นำการปกป้องของกานาและคู่แข่ง คือ โกตดิวัวร์ เอกวาดอร์ มาดากัสการ์ และไทย ช่วงปี 2545-2548 เทียบกับ 2542-2544 มูลค่าการส่งออกที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ยกเว้น กานา เป็นผลมาจากผลจากการขยายตัวของการส่งออกของสหภาพยุโรป 27 ส่งผลทางบวกในทุกประเทศที่ทำการศึกษา ผลจากการแข่งขันส่งผลทางบวก ยกเว้น นากา โกตดิวัวร์ ผลกระทบร่วมส่งผลทางบวก ยกเว้นนากา โกตดิวัวร์ ช่วงปี 2549-2552 เทียบกับ 2545-2548 มูลค่าการส่งออกที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ยกเว้นโกตดิวัวร์ มาดากัสการ์ เป็นผลมาจากผลจากการขยายตัวของการส่งออกของสหภาพยุโรป 27

กรอบแนวคิดการวิจัย

ปลาทูน่ากระป๋องที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยใช้มาตรฐานของ Harmonized System Codes : HS Code คือ ปลาทูน่ากระป๋อง (Canned Tuna) 1604.140 ประกอบด้วย ปลาทูน่ากระป๋อง (Tuna, skipjack, bonito, prepared/preserved) ปลาทูน่าครีบบยาว (Albacore or Long finned Tunas) ปลาทูน่าครีบลีเหลือง (Yellow fin Tunas) ปลาโอแถบ (Skipjack Tuna) การศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงมูลค่าการส่งออก ดังนั้นจึงทำการเปรียบเทียบมูลค่าการส่งออกปลาทูน่ากระป๋อง โดยการเปรียบเทียบในแต่ละปี และทำการเปรียบเทียบช่วงเวลาต่อช่วงเวลา ดังนี้

ช่วงเวลาที่ 1 ปี 2537-2539 (เป็นช่วงเวลาก่อนประเทศไทยเผชิญกับวิกฤติเศรษฐกิจต้มยำกุ้ง)

ช่วงเวลาที่ 2 ปี 2540-2543 (เป็นช่วงเวลาที่ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการเกิดวิกฤติเศรษฐกิจต้มยำกุ้ง)

ช่วงเวลาที่ 3 ปี 2544-2546 (เป็นช่วงเวลาหลังที่ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการเกิดวิกฤติเศรษฐกิจต้มยำกุ้ง)

ช่วงเวลาที่ 4 ปี 2547-2549 (เป็นช่วงเวลาก่อนประเทศไทยเผชิญกับวิกฤติเศรษฐกิจแฮมเบอร์เกอร์)

ช่วงเวลาที่ 5 ปี 2550-2553 (เป็นช่วงเวลาที่ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการเกิดวิกฤติเศรษฐกิจแฮมเบอร์เกอร์)

ช่วงเวลาที่ 5 ปี 2554-2558 (เป็นช่วงเวลาหลังที่ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการเกิดวิกฤติเศรษฐกิจแฮมเบอร์เกอร์)

สำหรับประเทศผู้นำเข้าสำคัญของปลาทูน่ากระป๋องจากไทยที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ คือ สหรัฐอเมริกา อียิปต์ ญี่ปุ่น แคนาดา ฟินแลนด์ ออสเตรเลีย สหราชอาณาจักร เยอรมนี เนเธอร์แลนด์อิตาลี

ระเบียบวิธีการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ตั้งแต่ปี 2537-2558 โดยใช้ข้อมูลมูลค่าการส่งออกปลาทูน่ากระป๋องของประเทศไทย มูลค่าการนำเข้าปลาทูน่ากระป๋องจากประเทศนำเข้าที่สำคัญของประเทศไทย มูลค่าการส่งออกปลาทูน่ากระป๋องที่เป็นคู่แข่งสำคัญของประเทศไทย มูลค่าการส่งออกสินค้าหรือภาคการประมงของประเทศไทยและคู่แข่งสำคัญ มูลค่าการค้าปลาทูน่ากระป๋องของทั้งโลก มูลค่าการค้าสินค้าของทั้งโลก ซึ่งรวบรวมจากฐานข้อมูลทางสถิติของ UN Comtrade (United Nations Commodity Trade Statistics Database)

ดำเนินการศึกษาการเปลี่ยนแปลงมูลค่าการส่งออกปลาทูน่ากระป๋องโดยการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองส่วนแบ่งการตลาดคงที่ (CMS) ตามหลักการวิเคราะห์ของ Leamer and Stern (1970, pp. 171-179) ซึ่งพิจารณาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงการส่งออกของประเทศใดประเทศหนึ่ง เมื่อสมมุติว่าประเทศดังกล่าวสามารถรักษาส่วนแบ่งการตลาด (Market Share) ในตลาดโลกในตลาดประเทศต่างๆ และในตลาดสินค้าต่างๆ เอาไว้ได้เท่าเดิม ดังนั้นความแตกต่างระหว่างขนาดของการขยายตัวของการส่งออกที่เป็นจริงกับขนาดของการส่งออกในกรณีที่ส่วนแบ่งตลาดของประเทศในตลาดที่กำหนดให้คงที่สามารถแยกได้ว่าเป็นผลเนื่องมาจากการแข่งขัน ผลจากส่วนประกอบของสินค้า หรือผลจากการกระจายตลาด (Thongpakde, Sirisathien and Na Ayuthaya, 1999, pp. 26-30) โดยมีวิธีการแยกองค์ประกอบของการขยายตัวการส่งออกดังนี้

ส่วนแบ่งตลาดของประเทศผู้ส่งออก คือ

$$S = q/Q \quad (1)$$

โดยกำหนดให้ Q คือ การส่งออกหรือการค้าของโลกทั้งหมด, q คือ มูลค่าการส่งออกของประเทศที่พิจารณา, S คือ ส่วนแบ่งตลาดส่งออกของประเทศที่พิจารณา

จาก (1) หา Total Differential ได้ เป็นการอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงการส่งออก

$$dq = SdQ + QdS \quad (2)$$

สมการ (2) อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงการส่งออกของประเทศหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การเปลี่ยนแปลงในอุปสงค์โลก (dQ) โดยกำหนดให้ส่วนแบ่งตลาดของประเทศที่กำลังพิจารณาในการส่งออกมีค่าคงที่ (S) อาจเรียกปัจจัยนี้ว่าผลจากการขยายตัวส่งออกรวมของโลก (World Growth Effect) และส่วนที่สอง คือ การเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนการส่งออกของ

ประเทศที่พิจารณา (dS) ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าความต้องการหรืออุปสงค์รวมของ โลกต่อสินค้าที่พิจารณามีมูลค่าคงที่ (Q) เรียก
ผลนี้ว่า ผลทางด้านการแข่งขัน (Competitive or Share Effect) เพราะการขยายตัวของการส่งออกเกิดจากการที่ส่วนแบ่ง
ตลาดของประเทศที่ศึกษามีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากสมการ (2) สามารถเขียนได้เป็น

$$\Delta q_i = S_i dQ + Q dS_i \quad (3)$$

โดยกำหนดให้ i คือ ประเทศส่งออก และ Δ คือ การเปลี่ยนแปลงตัวแปรที่อยู่หลังเครื่องหมายนี้

การวิเคราะห์แบบชั้นเดียวของแบบจำลอง CMS ซึ่งแบ่งการขยายตัวของการส่งออกของประเทศ i เป็นผลมาจากการ
ขยายตัวของการส่งออกรวมของโลกและส่วนที่เหลือ (Residual) เป็นผลมาจากการแข่งขันในการวิเคราะห์ชั้นต่อไป สามารถ
แยกผลของการขยายตัวของการส่งออกที่เกิดจากการมีสินค้าที่มีการขยายตัวสูงแสดงว่าประเทศที่กำลังพิจารณาอยู่ในฐานะที่
ได้เปรียบในการแข่งขัน กำหนดให้ k เป็นชนิดของสินค้า จากสมการ (3) สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\Delta q_{ik} = S_{ik} \Delta Q_k + Q_k \Delta S_{ik} \quad (4)$$

ดังนั้นผลรวมของสินค้าทุกชนิดจะเป็น

$$\sum_k \Delta q_{ik} = \Delta q_i = \sum_k S_{ik} \Delta Q_k + \sum_k Q_k \Delta S_{ik} \quad (5)$$

และสามารถขยายได้เป็น

$$\Delta q_i = S_i \Delta Q + (\sum_k S_{ik} \Delta Q_k - S_i \Delta Q) + \sum_k Q_k \Delta S_{ik} \quad (6)$$

จากสมการ (6) เป็นการวิเคราะห์แบบสองชั้น (Two Level Analysis) ของแบบจำลอง CMS โดยการขยายตัวการ
ส่งออกของประเทศ i เป็นผลจากการขยายตัวของการส่งออกรวมของโลก ($S_i \Delta Q$) และผลจากส่วนประกอบของสินค้าส่งออก
ของประเทศ i ($\sum_k S_{ik} \Delta Q_k - S_i \Delta Q$) และผลเนื่องมาจากการแข่งขัน ($\sum_k Q_k \Delta S_{ik}$)

นอกจากนี้การส่งออกไปยังประเทศต่างๆ ที่มีอัตราการขยายตัวแตกต่างกัน ย่อมมีผลต่อการขยายตัวของการส่งออก
รวมของประเทศ i ด้วยเหตุนี้จึงควรรวมปัจจัยด้วยการกระจายตลาดเข้ามาพิจารณาในสมการด้วย โดยพิจารณาทั้งสินค้า k
และตลาด j ดังนั้น

จากสมการ (4) สามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$\Delta q_{ijk} = S_{ijk} \Delta Q_{jk} + Q_{jk} \Delta S_{ijk} \quad (7)$$

จากสมการ (7) สามารถแสดงผลรวมหรือการส่งออกรวมที่เปลี่ยนแปลงของประเทศ i ได้เป็น

$$\Delta q_i = S_i \Delta Q + (\sum_k S_{ik} \Delta Q_k - S_i \Delta Q) + (\sum_j \sum_k S_{ijk} \Delta Q_{jk} + \sum_j \sum_k Q_{jk} \Delta S_{ijk}) + \sum_k Q_k \Delta S_{ik} \quad (8)$$

จากสมการที่ (8) เป็นการวิเคราะห์แบบสามชั้น (Tree Level Analysis) ซึ่งมีเทอมใหม่เพิ่มเข้ามา คือ ผลจากการ
กระจายตลาด ซึ่งอาจจะอธิบายได้เช่นเดียวกับผลจากส่วนประกอบของสินค้าส่งออก ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง
จำเป็นต้องทำการเปรียบเทียบการส่งออกของ 2 ช่วงเวลา ซึ่งเรียกว่า ปีฐานและปีสุดท้าย ในการคำนวณส่วนแบ่งตลาดส่งออก
และการส่งออกทั้งหมดของโลกตามสูตรข้างต้น จึงมีทางเลือกของการคำนวณว่าจะใช้ข้อมูลปีฐานหรือปีสุดท้ายถ้าใช้โครงสร้าง
ส่วนแบ่งตลาดส่งออกในปีฐาน (S^0) และใช้การส่งออกทั้งหมดของโลกในปีสุดท้าย (Q^1) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$dq^I = S^0 dQ + Q^1 dS \quad (8.1)$$

หรืออาจใช้โครงสร้างส่วนแบ่งตลาดในปีสุดท้าย (S^1) และใช้ปีฐานเป็นการส่งออกทั้งหมดของโลก (Q^0)
ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$dq^{II} = S^1 dQ + Q^0 dS \quad (8.2)$$

ถ้ากำหนดให้ $S^1 = S^0 + dS$ จะได้

$$dq^{II} = (S^0 + dS) dQ + Q^0 dS$$

ดังนั้น ถ้าการส่งออกทั้งหมดของโลกและโครงสร้างส่วนแบ่งตลาดประเทศส่งออกเป็นปีฐานทั้งคู่ จะได้ว่า

$$dq^{III} = S^0 dQ + Q^0 dS + dS dQ \quad (8.3)$$

ถ้าใช้วิธีการที่สามในการเลือกปีฐานและปีสุดท้าย นั่นคือใช้ทั้งโครงสร้างส่วนแบ่งตลาดส่งออก และการส่งออกรวมเป็นปีฐาน ในแบบจำลอง CMS สมการ (8) อาจจะมีเทอมเพิ่มขึ้น และสามารถเขียนได้เป็นสมการที่ (9) ดังนี้

$$\Delta q_i = S_i^0 \Delta Q + (\sum S_{ik} \Delta Q_k - S_i^0 \Delta Q) + (\sum_j S_{ij}^0 \Delta Q_j + \sum S_i^0 \Delta Q) + \sum_j Q_j^0 \Delta S_{ij} + \sum_j Q_j^0 \Delta S_{ij} + \sum_j \Delta Q_j \Delta S_{ij} \quad (9)$$

สมการ (9) เรียกว่าการวิเคราะห์แบบสี่ชั้น (Four Level Analysis) ซึ่งการส่งออกของประเทศ i ที่เปลี่ยนแปลงไปจากปีฐานถึงปีสุดท้าย (Δq_i) จากแบบจำลอง CMS ที่นำมาประยุกต์ใช้ผลมาจากปัจจัยต่างๆ ซึ่งสามารถแยกออกได้เป็น

1. กลุ่มปัจจัยจากการขยายตัวทางการค้ารวมของโลก (World Growth Effect: WGE) คือ ($S_i^0 \Delta Q$) เป็นการแสดงถึงแนวโน้มการค้าของโลก ซึ่งวัดได้โดยการขยายตัวของส่งออกรวมของโลก ความต้องการของโลกเพิ่มสูงขึ้น แสดงว่า ส่งออกได้มากขึ้น เนื่องจากตลาดโลกมีความต้องการสินค้าส่งออกต่าง ๆ เพิ่มขึ้น โดยมีส่วนแบ่งการส่งออกในตลาดโลกยังคงเดิม

2. ผลจากการกระจายตลาด (Market Distribution Effect: MDE) คือ ($\sum_j S_{ij}^0 \Delta Q_j + \sum S_i^0 \Delta Q$) แสดงถึงการขยายตัวของส่งออก ที่อธิบายโดยความแตกต่างของทิศทางการส่งออกหรือการกระจายตลาด โดยชี้ให้เห็นว่า ประเทศส่งออกส่งสินค้าแต่ละชนิด ส่วนใหญ่ไปยังประเทศที่มีการขยายตัวของตลาดสูงหรือต่ำ ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการส่งออกทั้งหมดของประเทศ ผลจากการกระจายตลาดจะมีค่าเป็นบวก ถ้าประเทศ i ส่งออกสินค้าของตนส่วนใหญ่ไปยังตลาดที่มีอัตราการขยายตัวสูง และจะเป็นลบถ้าส่งออกสินค้าไปยังตลาดที่มีอัตราการขยายตัวต่ำ

3. ผลจากการแข่งขันผลของการส่งออกที่เพิ่มขึ้นจากความสามารถในการแข่งขัน

3.1 ผลจากการแข่งขันอย่างแท้จริง (Pure Competitiveness or Share Effect: CE) คือ ($\sum_j Q_j^0 \Delta S_{ij}$) เป็นการขยายตัวของการส่งออกจากการที่ส่วนแบ่งตลาดเพิ่ม โดยกำหนดให้ปริมาณการค้าของประเทศนั้นมีค่าคงที่ พจน์นี้จะมีความบวกถ้าหากส่วนแบ่งตลาดประเทศที่กำลังพิจารณาเพิ่มและเป็นลบถ้าส่วนแบ่งตลาดประเทศไทยลดลง

3.2 ผลจากการส่งเสริมการส่งออก (Interaction Effect: IE) คือ ($\sum_j \Delta Q_j \Delta S_{ij}$) เป็นผลเนื่องมาจากการปรับการส่งออกถูกหรือผิดทิศทาง โดยพิจารณาทั้งการเปลี่ยนแปลงส่วนแบ่งตลาดและการเปลี่ยนแปลงปริมาณการค้าของประเทศผู้นำเข้า พจน์นี้เป็นบวกแสดงว่าประเทศนั้น ขยายการส่งออกในตลาดที่มีการขยายตัว และหากเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามผลจะมีค่าเป็นลบ ถ้าประเทศผู้ส่งออกอาจใช้ความพยายามขยายการส่งออกในตลาดที่หดตัวหรือสูญเสียส่วนแบ่งตลาดในตลาดที่ขยายตัว เป็นการพิจารณาว่า ประเทศที่กำลังพิจารณาได้ปรับการส่งออกไปยังตลาดที่มีศักยภาพการขยายตัวหรือไม่

สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณแบบจำลองส่วนแบ่งตลาดคงที่ คือมูลค่าการส่งออกรายสินค้าที่พิจารณาของประเทศผู้ส่งออกแบ่งตามประเทศผู้นำเข้า มูลค่าการนำเข้าสินค้านั้น ๆ ของแต่ละประเทศผู้นำเข้า มูลค่าการส่งออกสินค้านั้น ๆ ของโลก และมูลค่าการส่งออกทุกสินค้าของโลก การวัดความสามารถในการแข่งขันการส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องด้วยวิธีส่วนแบ่งการตลาดคงที่ จะสามารถแยกปัจจัยที่ส่งผลต่อศักยภาพการส่งออกปลาทุ่นำกระป๋อง 3 กลุ่มปัจจัย ได้แก่ ผลจากการขยายตัวทางการค้ารวมของการค้าโลก ผลจากการกระจายตลาด และผลจากการแข่งขันผลของการส่งออกที่เพิ่มขึ้นจากความสามารถในการแข่งขันสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือผลจากการแข่งขันอย่างแท้จริง และผลจากการส่งเสริมการส่งออก

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงมูลค่าการส่งออกด้วยแบบจำลองส่วนแบ่งการตลาดคงที่ พบว่า มูลค่าการส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องของไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่า การเพิ่มขึ้นส่วนใหญ่มีผลมาจากปัจจัยจากการขยายตัวทางการค้ารวมของโลก และการกระจายกระจายตลาด แต่กลุ่มปัจจัยจากการแข่งขันผลของการส่งออกจากความสามารถในการแข่งขันมีมูลค่าลดลง ซึ่งอธิบายการเปลี่ยนแปลงได้ด้วยผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่มีผลต่อการแข่งขันการส่งออกปลาทูน่ากระป๋องของไทย

ปี	Factors				(หน่วย: ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ)
	WGE	MDE	CE	IE	Total Effect
2540-2543 เทียบกับ 2537-2539	152.29	-9.09	-107.11	-35.15	0.95
2544-2546 เทียบกับ 2540-2543	83.49	2.28	27.18	-6.06	106.89
2547-2549 เทียบกับ 2544-2546	294.09	9.01	55.34	25.34	383.77
2550-2553 เทียบกับ 2547-2549	537.32	48.76	31.26	-2.71	614.62
2554-2558 เทียบกับ 2550-2553	630.08	89.92	-29.12	-20.17	670.71

กลุ่มปัจจัยจากการขยายตัวทางการค้ารวมของโลก (WGE) ส่วนใหญ่ของช่วงเวลาที่ศึกษาส่งผลในทิศทางเป็นบวกต่อการส่งออกปลาทูน่ากระป๋องของไทยตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา จะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยในช่วงปี 2544-2546 เทียบกับ 2540-2543 เพิ่มขึ้นน้อยกว่าช่วงปีศึกษา ก่อนเป็นผลมาจากการขยายตัวการนำเข้าของโลกเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 13.51 แต่ปี 2547-2549 เทียบกับ 2544-2546 มีการเพิ่มขึ้นมากกว่าช่วงปีการศึกษา ก่อนเป็นผลมาจากการขยายตัวการนำเข้าของโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างมากเท่ากับร้อยละ 40.56 ในช่วงปี 2550-2553 เทียบกับ 2547-2549 การเพิ่มขึ้นมากกว่าช่วงปีการศึกษา ก่อนเป็นผลมาจากการขยายตัวการนำเข้าของโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างมากเท่ากับร้อยละ 48.46 และในช่วงปี 2554-2558 เทียบกับ 2550-2553 เพิ่มขึ้นน้อยกว่าช่วงปีศึกษา ก่อนเป็นผลมาจากการขยายตัวการนำเข้าของโลกที่เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 36.56 (ตารางที่ 2)

กลุ่มปัจจัยจากการกระจายตลาด ส่วนใหญ่ของช่วงเวลาที่ศึกษาส่งผลในทิศทางเป็นบวกต่อการส่งออกปลาทูน่ากระป๋องของไทย ยกเว้น ช่วงปี 2540-2543 เทียบกับ 2537-2539 ที่สามารถส่งผลกระทบต่อการลดลงของมูลค่าการส่งออก ลดลงเท่ากับ -9.09 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ (ตารางที่ 2) เมื่อพิจารณาอัตราการขยายตัวการนำเข้าปลาทูน่ากระป๋องของโลกในช่วงปี 2540-2543 เทียบกับ 2537-2539 ส่วนประเทศผู้นำเข้าปลาทูน่ากระป๋องของไทยส่วนใหญ่มีอัตราการขยายตัวของ การนำเข้าปลาทูน่ากระป๋องน้อยกว่าการขยายตัวการส่งออกปลาทูน่ากระป๋องของโลก ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ร้อยละ 18.87 อียิปต์ ร้อยละ 124.08 ญี่ปุ่น ร้อยละ 35.67 แคนาดา ร้อยละ 28.46 สหราชอาณาจักร ร้อยละ 29.70 อิตาลี ร้อยละ 40.68 และเยอรมนี ร้อยละ 14.44 (ตารางที่ 2) เป็นสาเหตุที่ทำให้การกระจายตลาดในช่วงปี 2540-2543 เทียบกับ 2537-2539 ส่งผลในทิศทางลบต่อการส่งออกปลาทูน่ากระป๋องของไทยเมื่อเทียบกับช่วงเวลาปีอื่นๆ เมื่อพิจารณาในภาพรวมของกลุ่มตลาดหลักที่นำเข้าปลาทูน่ากระป๋องจากไทย การส่งออกส่วนใหญ่ยังคงเป็นกลุ่มประเทศเดิมตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

ตารางที่ 2 อัตราการขยายตัวการนำเข้าปลาทูน่ากระป๋องของประเทศต่างๆ

ปี	2540-2543 เทียบกับ 2537-2539	2544-2546 เทียบกับ 2540-2543	2547-2549 เทียบกับ 2544-2546	2550-2553 เทียบกับ 2547-2549	2554-2558 เทียบกับ 2550-2553
สหรัฐฯ	23.09	23.82	34.2	18.87	31.25
อียิปต์	63.51	-2.99	49.42	124.08	103.11
ญี่ปุ่น	4.04	4.32	40.42	35.67	31.86
แคนาดา	7.27	-4.09	29.59	28.46	27.01
ฟินแลนด์	-12.1	14.85	48.1	55.92	42.88
ออสเตรเลีย	23.2	52.71	55.75	68.68	47.89
เนเธอร์แลนด์	107.73	-42.2	34.8	81.91	140.91
สหราชอาณาจักร	29.76	6.79	18.22	29.7	16.95
อิตาลี	52.93	24.36	50.33	40.68	13.81
เยอรมนี	15.36	23.73	27.52	14.44	33.79
อื่นๆ	20.55	10.42	51.78	78	43.77
โลก	24.68	13.51	40.56	48.46	36.56

ผลจากการแข่งขันอย่างแท้จริง ส่วนใหญ่ของช่วงเวลาที่ศึกษาส่งผลในทิศทางเป็นบวกต่อการส่งออกปลาหูน้ำกระป๋องของไทย ยกเว้น ในช่วงปี 2540-2543 เทียบกับ 2537-2539 และในช่วงปี 2554-2558 เทียบกับ 2550-2553 ส่งผลในทิศทางลบ ลดลงเท่ากับ -107.11 และ -29.12 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ทำให้ทราบว่า มูลค่าการส่งออกอย่างแท้จริงนั้นน้อยกว่ามูลค่าการส่งออกไม่เพียงพอในการรักษาส่วนแบ่งการตลาดไว้ได้ หรือแสดงให้เห็นว่าประเทศไทยได้โดนแย่งชิงส่วนแบ่งการตลาดจากผู้ส่งออกรายอื่นๆ ส่งผลให้ความสามารถในการแข่งขันการส่งออกลดลง จากราคาส่งออกปลาหูน้ำกระป๋องเฉลี่ยของไทย การที่ผลของการแข่งขันเป็นลบ เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับราคาส่งออกปลาหูน้ำกระป๋องเฉลี่ยของผู้ส่งออกรายสำคัญ ได้แก่ เอกวาดอร์ ฟิลิปปินส์ สเปน และอินโดนีเซีย ราคาส่งออกปลาหูน้ำกระป๋องเฉลี่ยของไทยสูงกว่าราคาส่งออกปลาหูน้ำกระป๋องเฉลี่ย ของคู่แข่งโดยประมาณ 1 ดอลลาร์สหรัฐฯ ต่อตัน ยกเว้นประเทศเอกวาดอร์ สเปน และอินโดนีเซียที่ประเทศไทยสามารถแข่งขันทางด้านราคาได้ และมีราคาส่งออกเฉลี่ยต่ำกว่าราคาส่งออกเฉลี่ยของโลก

ผลจากการส่งเสริมการส่งออก ส่วนใหญ่ของช่วงเวลาที่ศึกษาส่งผลในทิศทางเป็นลบต่อการส่งออกปลาหูน้ำกระป๋องของไทย ยกเว้นในช่วงปี 2547-2549 เทียบกับ 2544-2546 จากการปรับตัวทิศทางการส่งออกปลาหูน้ำกระป๋องของไทยไม่สอดคล้องกับความต้องการนำเข้าที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงสำหรับประเทศคู่ค้ารายสำคัญของไทย จะเห็นได้ว่าส่วนแบ่งการตลาดของไทย ในช่วงปี 2540-2543 ลดลงจากช่วงปี 2537-2539 พบว่าการส่งออกของไทยไปยังประเทศคู่ค้าลดลง ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ สหราชอาณาจักร เยอรมนี ลดลงร้อยละ 10.61 42.22 33.49 62.18 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ในขณะที่ประเทศดังกล่าวกลับมีอัตราการขยายตัวของ การนำเข้าปลาหูน้ำกระป๋องที่เพิ่มขึ้นในช่วงปี 2540-2543 ลดลงจากช่วงปี 2537-2539 ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ สหราชอาณาจักร เยอรมนี เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.04 107.73 29.76 15.36 ตามลำดับ (ตาราง 2) พิจารณาได้ว่าประเทศไทยในการเปรียบเทียบช่วงเวลาดังกล่าวไม่สอดคล้องต่อการส่งออกมาก จนเกิดผลกระทบอย่างรุนแรงจนสูญเสียความสามารถในการแข่งขันไป และมีผลกระทบที่แสดงได้ชัดเจนจากผลการส่งเสริมการส่งออก

ตารางที่ 3 อัตราการขยายตัวการส่งออกปลาหูน้ำกระป๋องของไทยไปยังประเทศต่างๆ

ปี	2540-2543 เทียบกับ 2537-2539	2544-2546 เทียบกับ 2540-2543	2547-2549 เทียบกับ 2544-2546	2550-2553 เทียบกับ 2547-2549	2554-2558 เทียบกับ 2550-2553
สหรัฐฯ	8.18	5.36	40.87	39.27	23.24
อียิปต์	49.49	1036	26.93	91.03	85.63
ญี่ปุ่น	-10.61	25.03	42.9	26.54	47.63
แคนาดา	21.83	4.53	33.22	32.92	31.81
ฟินแลนด์	-4.06	4.71	64.39	72.71	-6.64
ออสเตรเลีย	25.81	44.46	55.97	62.93	44.96
เนเธอร์แลนด์	-42.22	-11.5	15.73	54.33	62.31
สหราชอาณาจักร	-33.49	-17.96	14.74	27.94	32.74
อิตาลี	21.38	54.12	86.79	164.17	-16.86
เยอรมนี	-62.18	40.12	85.63	-31.81	-12.76
อื่นๆ	10.05	36.32	78.68	76.75	45.45
โลก	0.15	17.29	52.93	55.43	38.92

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าการส่งออกปลาหูน้ำกระป๋องของไทย ด้วยแบบจำลองส่วนแบ่งตลาดคงที่พบว่า กลุ่มปัจจัยจากการขยายตัวทางการค้ารวมของโลก เป็นส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อศักยภาพการส่งออกปลาหูน้ำกระป๋องที่มีการเปลี่ยนแปลงมูลค่าเพิ่มขึ้น โดยในปี 2554-2558 เทียบกับ 2550-2553 เพิ่มขึ้นถึง 630.08 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ ซึ่งเกิดจากการขยายตัวในด้านสมภาวะเศรษฐกิจของโลกประชากรโลกที่เพิ่มขึ้น รวมถึงการจัดอุปสรรคทางการค้าระหว่างประเทศได้ลดน้อยลง จากการเข้าร่วมองค์การการค้าโลก (WTO) และการเปิดการค้าเสรี

(FTA) กลุ่มปัจจัยจากการกระจายตลาดของช่วงเวลาการศึกษาส่วนมากส่งผลทางบวกต่อศักยภาพการส่งออกปลาทุ่นำกระป๋อง ซึ่งมีผลให้การเปลี่ยนแปลงมูลค่ามีเพิ่มขึ้น แต่ในช่วงปี 2540-2543 เทียบกับ 2537-2539 ลดลง -9.09 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ เนื่องจากการชะลอตัวของประเทศนำเข้าสำคัญของไทย

ผลจากการแข่งขันอย่างแท้จริง ส่วนใหญ่ของเวลาที่ศึกษาส่งผลทางบวกต่อศักยภาพการส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องที่มีผลให้การเปลี่ยนแปลงมูลค่าการส่งออกที่เพิ่มขึ้น สามารถอธิบายได้จากปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อราคาส่งออก ค่าเงินบาทอ่อนในปี 2540 ทำให้ราคาส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องลดลง ส่งผลให้ปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้น เป็นโอกาสในการส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องเป็นอย่างมาก รวมถึงรัฐบาลมีนโยบายและมาตรการในการสนับสนุนและส่งเสริมอุตสาหกรรมปลาทุ่นำกระป๋อง การส่งเสริมของภาครัฐได้มีการปรับลดภาษีอากรนำเข้าวัตถุดิบ การนำเข้าเดิมก่อนปี 2542 เสียอากรนำเข้าในอัตราร้อยละ 30 ต่อมาในปี 2542 กระทรวงการคลัง ได้ประกาศเรื่องการยกเว้นอากรและการลดอัตราอากรศุลกากร เป็นร้อยละ 5 ทำให้ช่วยลดต้นทุนค่าวัตถุดิบให้กับผู้ประกอบการ

ผลจากการส่งเสริมการส่งออก ในช่วงเวลาที่ศึกษาส่งผลทางลบต่อศักยภาพการส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องที่มีผลให้การเปลี่ยนแปลงมูลค่าที่ลดลงอย่างมาก แสดงถึง ความไม่สอดคล้องระหว่างส่วนแบ่งการตลาดที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงของประเทศไทยกับการขยายตัวที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในประเทศคู่ค้าสำคัญ ในประเทศสหรัฐอเมริกา อียิปต์ ญี่ปุ่น แคนาดา ฟินแลนด์ ออสเตรเลีย เนเธอร์แลนด์ สหราชอาณาจักร อิตาลี และเยอรมนี มีอัตราการขยายตัวของการนำเข้าปลาทุ่นำกระป๋องที่เพิ่มขึ้น แต่การส่งออกในประเทศดังกล่าวของไทยกลับมีอัตราการส่งออกหดตัวลง

สรุปได้ว่า ในการศึกษาวัดความสามารถในการแข่งขันปลาทุ่นำกระป๋องของไทยตามเหตุการณ์ใน 6 ช่วงเวลา พบว่า ในช่วงปี 2547-2549 เทียบกับ 2544-2546 เป็นช่วงเวลาที่ประเทศไทยมีความสามารถในการแข่งขันการส่งออกเพิ่มขึ้น และในช่วงปี 2540-2543 เทียบกับ 2537-2539 เป็นช่วงเวลาที่ประเทศไทยมีความสามารถในการแข่งขันการส่งออกลดลง

อภิปรายผลการวิจัย

ปัจจัยที่อธิบายถึงผลจากการแข่งขันอย่างแท้จริงสามารถอธิบายได้จากปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อราคาส่งออก ส่งผล เช่น ค่าเงินบาทอ่อนค่า ตั้งแต่ปี 2540 ทำให้ราคาส่งออกลดลง อีกทั้งต้องนำเข้าวัตถุดิบการผลิตในราคาเพิ่มขึ้น และค่าเงินบาทแข็งค่าตั้งแต่ปี 2550 ทำให้ราคาส่งออกเพิ่มขึ้น การนำเข้าวัตถุดิบการผลิตในราคาลดลง ถ้าค่าเงินบาทอ่อนค่าเกินความสามารถในการแข่งขันก็ลดลง แต่ถ้าค่าเงินบาทแข็งค่าเกินความสามารถในการแข่งขันก็เพิ่มขึ้น ปัจจัยที่อธิบายถึงผลจากการส่งเสริมการส่งออกความไม่สอดคล้องระหว่างส่วนแบ่งการตลาดที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงของประเทศไทยกับการขยายตัวที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในประเทศคู่ค้าสำคัญ ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ สหราชอาณาจักรเยอรมนี มีอัตราการขยายตัวของการนำเข้าปลาทุ่นำกระป๋องที่เพิ่มขึ้น แต่การส่งออกในประเทศดังกล่าวของไทยกลับมีอัตราการส่งออกหดตัวลง

ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. แบบจำลองส่วนแบ่งตลาดครั้งนี้สามารถนำไปใช้กับเหตุการณ์อื่นที่นอกเหนือจากเหตุการณ์ที่ได้กล่าวมาในงานวิจัยนี้ เช่น นโยบายการส่งออกสินค้าตัวอื่น ๆ ของภาครัฐ เป็นต้น เพื่อพิจารณาการแข่งขัน การส่งเสริมการส่งออกของภาครัฐ สนับสนุนภาคเอกชน และเพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขันกับประเทศคู่แข่งได้

2. ความสามารถในการแข่งขันที่แท้จริงในการส่งออกปลาทุ่นำกระป๋อง จากสถานที่ตั้งเหมาะสมในการคมนาคมขนส่งทางเรือจากแหล่งที่ทำการจับปลาทุ่นำ โดยคุณภาพในการผลิตสินค้าที่ได้มาตรฐานแล้ว ทำให้การส่งออกปลาทุ่นำกระป๋องของไทยติดอันดับในตลาดโลก ตัวชี้วัดความสามารถในการแข่งขันที่แท้จริง โดยมีปัจจัยทางด้านราคาวัตถุดิบนำเข้าเป็นตัวกำหนดราคาส่งออก ส่งผลให้อัตราแลกเปลี่ยนเป็นตัวกำหนดที่มีความสำคัญต่อการแข่งขันล้วนเกิดจากปัญหาที่สำคัญเกี่ยวกับต้นทุนการผลิตที่ไม่สามารถควบคุมได้ ประกอบกับทางด้านแรงงานการผลิตยังขาดแคลน และเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ โดยมีแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตให้เหมาะสมต่อกำลังการผลิต ด้วยการจ้างแรงงานต่างด้าวที่มีค่าจ้างแรงงานต่ำกว่าค่าจ้าง

แรงงานในประเทศ ดังนั้นรัฐบาลจำเป็นต้องมีมาตรฐานในการส่งเสริม สนับสนุน ควบคุม ตรวจสอบ ติดตามผลเกี่ยวกับแรงงานต่างด้าวให้เหมาะสม และสามารถเอื้อประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง เช่นการขึ้นทะเบียนแรงงานต่างด้าวตามกฎหมาย ให้ความรู้ในด้านกฎหมายแรงงานต่างด้าวต่อผู้ประกอบการเดิม และผู้ประกอบการรายใหม่อย่างต่อเนื่องอย่างน้อยปีละครั้ง

รายการอ้างอิง

- จูน เจริญเสียง. (2517), อุตสาหกรรมอาหารทะเลกระป๋องและแปรรูปอุตสาหกรรมเหล็ก และผลิตภัณฑ์เหล็ก, โครงการศึกษาผลกระทบจากการจัดทำเขตการค้าเสรีไทย-ออสเตรเลีย. กรุงเทพฯ: กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศกระทรวงพาณิชย์.
- ณรงค์ สวรรค์โพธิ์พันธุ์ . (2550). การวิเคราะห์ความสามารถในการส่งออกปลาทูน่ากระป๋องของประเทศไทย ไปประเทศสหราชอาณาจักร (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต) กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- Isaac Mensah. (2010). An Analysis the Performance of Ghanaian Canned Tuna Export EU Market (1999-2009). (Master thesis). Norway: University of Tromso.
- Leamer, E. E. and Stern, R. M. (1970). Quantitative international economic. Boston: Allyn and Bacon
- United Nations Commodity Trade Statistics Database. (n.d.). UN comtrade database. Retrieved July 12, 2022, from <https://comtrade.un.org/db/dqBasicQuery.aspx>



Session
ผลงานสร้างสรรค์

การสร้างสรรค์ละครเรื่อง “Begin with a Change” (เริ่มต้นที่การเปลี่ยนแปลง) เพื่อสะท้อนปัญหาภัย
แอลกอฮอล์ ความเสมอภาค สู่การเปลี่ยนแปลงในสังคมปัจจุบัน

สายฝน ไผ่แสง^{1*}

บทคัดย่อ

บทความการสร้างสรรค์ละคร Begin with a Change (เริ่มต้นที่การเปลี่ยนแปลง) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสรรค์ละครที่สามารถสะท้อนปัญหาเรื่องภัยแอลกอฮอล์ ความเสมอภาคและการเปลี่ยนแปลงในสังคมปัจจุบันได้ ด้วยวิธีการสร้างสรรค์ในรูปแบบการแสดงละครโดยใช้แนวคิดและกระบวนการดีไวซ์ซิ่ง เจียร์เตอร์ (Devising Theatre) ที่มุ่งเน้นการมีส่วนร่วมในการพัฒนาประเด็นของผู้มีส่วนร่วม สื่อสารประเด็นของภัยแอลกอฮอล์ ความเสมอภาค ที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น แบ่งการแสดงออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 นำเสนอภาพภัยร้ายที่เกิดจากดื่มแอลกอฮอล์ สื่อสารด้วยภาพมัลติมีเดีย (Multimedia) และภาษาพูด ช่วงที่ 2 ความเสมอภาค สื่อสารด้วยภาษากายและการเคลื่อนไหวผ่านบทร้องโนรา และช่วงที่ 3 การเปลี่ยนแปลงในสังคม สื่อสารด้วยการผสมผสานทั้งภาษาพูด ภาษากาย และการเคลื่อนไหวร่างกาย ผลการสร้างสรรค์พบว่า การสร้างสรรค์ละครที่มาจากความร่วมมือกันพัฒนาประเด็น เนื้อเรื่อง บท และภาพรวมของการแสดง เกิดมุมมองในการนำเสนอที่หลากหลายทั้งการใช้สื่อ ภาษาพูด บทร้อง ภาษากาย ในการแสดง สามารถสื่อสารกับกลุ่มผู้ชมได้อย่างตรงไปตรงมา เนื้อหาของละครไม่ได้เป็นชี้ผิดหรือชี้ถูก แต่ค่อยๆ แสดงให้เห็นภาพภัยร้ายต่างๆ ที่เกิดจากการดื่มแอลกอฮอล์ จนนำไปสู่การตัดสินใจเลือกปฏิบัติ สามารถทำให้ผู้ชมได้ตระหนักถึงการเริ่มต้นที่จะเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเราเริ่มต้นที่จะเปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ: การสร้างสรรค์, ละคร, แอลกอฮอล์, ดีไวซ์ซิ่ง

¹ อาจารย์ประจำสาขาวิชาศิลปะการแสดง, คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000

¹Lecturer of Performing Arts, Faculty of Fine and Apply Arts, Thaksin University, Songkhla Province, 90000

*Corresponding Author: Email: e_jaikung@hotmail.com

The creation of the drama “Begin with a Change” to reflect the problems of alcohol, equality and changes in today's society.

Saifon Faiseng^{1*}

Abstract

The article on Drama Creation Begin with a Change aims to create a drama that reflects the problem of the dangers of alcohol equality and change in today's society with creative methods in the form of theatrical performances by using the concept and devised process (Devising Theater). This project focuses on participation in the development of the issues of the participants for communicate the issues of alcohol danger and equality that will cause change for the better. The expression was divided into 3 phases: The first presented a picture of the dangers caused by drinking alcohol, communication with multimedia images (Multimedia) and spoken language. Second present about the equality communicate with body language and movement through Nora songs and the third period, changes in society communicate through a combination of spoken language, body language, and body movements. The creative results found that the creation of a drama that comes from jointly developing issues, plots, scripts and an overview of the show there are many perspectives in presenting, including the use of media, spoken language, singing, body language in the performance, able to communicate directly with the audience. The content of the drama is not wrong or right, but gradually shows various dangers caused by drinking alcohol until leading to discrimination decisions can make the audience aware of the beginning to change. This can happen only when we start to change.

Keyword: Creation, Drama, Alcohol, Divising

ประเภทผลงานสร้างสรรค์

ศิลปะการแสดง (การละคร)

แนวความคิด

นำเสนอให้เห็นภาพของภัยแอลกอฮอล์ที่ไม่เพียงแต่เป็นการทำร้ายตัวเองแต่ยังคงเป็นภัยร้ายสำหรับผู้อื่นตลอดจนสังคมที่ต้องได้รับผลกระทบในมิติต่างๆ นำไปสู่การเกิดภาวะทางสังคม ความไม่เท่าเทียมกันอาทิเช่น คนแก่ เด็ก ที่ต้องกลายมาเป็นผู้ที่ต้องรับผิดชอบในสิ่งทั้งหลาย คนไม่ได้ก่อ ต้องสูญเสียหัวหน้าครอบครัว ด้วยพิษของแอลกอฮอล์ จึงเกิดเป็นแนวคิดที่อยากจะสะท้อนปัญหาภัยแอลกอฮอล์ผ่านการแสดงในรูปแบบของละคร โดยใช้แนวคิดและกระบวนการตีไวซิง (Devising) สู่การหาแนวทางในการเปลี่ยนแปลงผ่านการกระตุ้นความคิดให้เกิดขึ้นในปัจจุบัน และจะสามารถเกิดขึ้นได้หากเริ่มต้นที่การเปลี่ยนแปลง

ความสำคัญของการทำงานสร้างสรรค์

ปัญหาการดื่มแอลกอฮอล์ในปัจจุบันได้ส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมสำหรับผู้ดื่ม อาทิเช่น อุบัติเหตุหรือบาดเจ็บ โรคตับแข็ง โรคติดเชื้อ โรคสมองตีบ โรคมะเร็งต่างๆ นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อสังคมรอบข้างไม่ว่าจะเป็น คนในครอบครัว ก่อให้เกิดเป็นปัญหาในครัวเรือน ตลอดจนถึงผู้อื่นที่ไม่มีความเกี่ยวข้องแต่กลับต้องได้รับผลกระทบจากภัยของสุรา ดังข้อมูลที่ได้ศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างที่เขียนโดย ศูนย์วิจัยปัญหาสุรา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ กล่าวไว้ว่า ตัวอย่างทั้งหมดร้อยละ 79 ระบุว่า เคยได้รับผลกระทบจากการดื่มสุราของผู้อื่นเป็น 4 กลุ่ม ใหญ่ พบว่า ส่วนใหญ่ได้รับผลกระทบทางจิตใจและความรู้สึก ไม่ปลอดภัย ร้อยละ 76.8 ผลกระทบทางสังคมและผลต่อการดำเนินชีวิต 42.0 ผลกระทบต่อการเงินและการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 22.6 และผลกระทบทางร่างกายและทางเพศร้อยละ 6.2 (ศูนย์วิจัยปัญหาสุรา. 2565)

ละคร นับเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้สำหรับเล่าเรื่องราวเพื่อสร้างความเข้าใจสังคมได้มากขึ้น ผ่านบทละคร สามารถหยิบยกปัญหาในชุมชน สังคม เพื่อนำมาคิดเป็นบทละครและสะท้อนเรื่องราวให้ชุมชนเกิดการเปลี่ยนแปลง ในฐานะผู้สร้างสรรค์มีความมุ่งหมายที่จะสร้างสรรค์การแสดงละครเพื่อนำเสนอในงาน การประชุมวิชาการสุราระดับชาติครั้งที่ 12 ภายใต้แนวคิด “ภัยแอลกอฮอล์: ความเสมอภาค และการเปลี่ยนแปลงในสังคมปัจจุบัน” จัดโดยศูนย์วิจัยปัญหาสุรา (ศวส.) และภาคีเครือข่าย ณ ศูนย์จัดประชุมคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา มุ่งเน้นให้จัดการแสดงเพื่อสื่อสารเรื่องราวของภัยแอลกอฮอล์ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ สังคม และเศรษฐกิจ และแนวโน้มในการลด ละ เลิก ดื่มแอลกอฮอล์ เนื่องจากปริมาณการดื่มสุราที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลและมีความสัมพันธ์กับผู้ดื่มทั้งทางสุขภาพและทางสังคม แต่ยังคงส่งผลกระทบต่อผู้ที่เกี่ยวข้องกลายเป็นภาวะทางสังคมที่แผ่ออกไปในวงกว้าง การสร้างสรรค์ละครในครั้งนี้จึงอยากที่จะนำเสนอในรูปแบบเชิงชวนแบบไม่ได้ชี้แนะและตัดสินว่าสิ่งใดเป็นสิ่งที่ถูกและผิด หากแต่จะนำให้ทุกคนได้เห็นมุมมองแนวทางในการเปลี่ยนแปลง ลด ละ เลิก แอลกอฮอล์ได้ โดยใช้ชื่อว่า Begin with a change (เริ่มต้นที่การเปลี่ยนแปลง) ผ่านการใช้แนวคิดกระบวนการละครแบบตีไวซิง (Devised Theatre) ให้นักแสดงเป็นผู้ที่มีส่วนร่วมในการค้นหาและสร้างเรื่องและขับเคลื่อนงานไปพร้อมกัน เพื่อให้การสะท้อนปัญหาเรื่องของภัยแอลกอฮอล์สื่อสารถึงผู้ชมอย่างตรงไปตรงมาและเข้าถึงได้

วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างสรรค์ละครที่สามารถสะท้อนปัญหาเรื่องภัยแอลกอฮอล์ ความเสมอภาคและการเปลี่ยนแปลงในสังคมปัจจุบัน

กระบวนการของการผลิตผลงานสร้างสรรค์

การสร้างสรรคขึ้นเป็นการสร้างงานที่ใช้กระบวนการตีโฉบเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่หลากหลาย นำไปสู่การสกัดและวิเคราะห์ข้อมูล และทดลองสร้างให้ได้มาซึ่งผลงานสร้างสรรค์ที่ต้องการ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาและผลกระทบต่อการตีโฉบแอลกอฮอล์

ผู้สร้างสรรค์ได้ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและผลกระทบจากภัยแอลกอฮอล์ ความเสมอภาค และการเปลี่ยนแปลงในสังคมปัจจุบันตามที่ได้รับมอบหมาย จากเอกสารงานวิจัย บทความวิชาการ การสัมภาษณ์ อีกทั้งรวบรวมข้อมูลจากแหล่งอื่นๆ อาทิเช่น ภาพข่าว วีดิโอต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกัผลกระทบต่อการตีโฉบแอลกอฮอล์

ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการสร้างบท

ผู้สร้างสรรค์ได้ใช้วิธีการตีโฉบเพื่อสร้างสรรค์บทการแสดงจากเนื้อหาที่สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเด็น คือ ภัยแอลกอฮอล์ ความเสมอภาค และการเปลี่ยนแปลงในสังคมปัจจุบัน และแบ่งกระบวนการออกเป็น 3 ช่วง คือ

2.1 ช่วงที่ 1 สร้างเรื่องและค้นหาสถานการณ์: ใช้เนื้อหาที่กำหนดมาเป็นตั้งต้นในการสร้างเรื่องและสถานการณ์ ร่วมกับประสบการณ์ ทศนคติ การสื่อสารของนักแสดงผ่านโจทย์ต่างๆ ที่กำหนด ก่อนที่จะนำมาแยกส่วนในแต่ละประเด็นที่อยากจะทำ

2.2 ช่วงที่ 2 พัฒนาบท: การสร้างสรรค์มี 3 ประเด็นที่เป็นโจทย์หลัก ทำให้ง่ายต่อการนำมาพัฒนาบท ผู้สร้างสรรค์ใช้วิธีการสะท้อนผลกับนักแสดง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาเป็นหลักในการพัฒนา ปรับปรุง และเพิ่มเติมในมิติที่ยังไม่สมบูรณ์เพื่อให้บทละครสร้างสามารถสื่อสารได้มากขึ้น รวมทั้งในเนื้อหาช่วงที่ 2 ของการแสดงยังมีการประพันธ์กลอนขึ้นใหม่ เป็นลักษณะของกลอนโนรา

2.3 ช่วงที่ 3 พัฒนาการแสดง: ผู้สร้างสรรค์ได้มีการนำเอาการแสดงอื่นๆ เข้ามาผสมผสานในการแสดงละครครั้งนี้ เพื่อสร้างความน่าสนใจให้การแสดง ได้แก่ การเคลื่อนไหวร่างกาย และ การเดิน โดยเน้นการใช้ร่างกายให้สัมพันธ์กับเนื้อหาของบทร้อง

ขั้นตอนที่ 3 กำกับการแสดงและการฝึกซ้อม

ผู้สร้างสรรค์ได้กำกับการแสดงไปพร้อมๆ กับการฝึกซ้อม และการพัฒนาบท โดยในแต่ละช่วงของการกำกับการแสดงและการฝึกซ้อมจะใช้วิธีการให้นักแสดงได้ทดลองค้นหาสิ่งที่คิดว่าร่างและจิตใจพร้อมที่จะแสดงออก และสามารถปรับเปลี่ยนได้ จนกระทั่งนักแสดงสามารถสื่อสารออกมาได้และรู้สึกปลอดภัย ตลอดจนผู้สร้างสรรค์ก็ทำหน้าที่เป็นผู้กำกับการแสดงและให้ข้อเสนอแนะตลอดระยะเวลาของการฝึกซ้อม ขณะเดียวกันก็ออกแบบภาพรวมของการแสดงควบคู่ไปด้วย เช่น เครื่องแต่งกาย อุปกรณ์จำเป็นที่ต้องใช้ เสียง ทำเดิน การจัดตำแหน่งของนักแสดงบนเวที เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 นำเสนอผลงาน

การสร้างสรรคละครเรื่อง Begin with a change (เริ่มต้นที่การเปลี่ยนแปลง) นำเสนอต่อสาธารณชน ในงานการประชุมวิชาการสุราระดับชาติครั้งที่ 12 ภายใต้แนวคิด “ภัยแอลกอฮอล์: ความเสมอภาค และการเปลี่ยนแปลงในสังคมปัจจุบัน” จัดโดยศูนย์วิจัยปัญหาสุรา (ศวส.) และภาคีเครือข่าย ณ ศูนย์จัดประชุมคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา กลุ่มผู้ชมคือ นักวิจัย นักวิชาการ และบันทึกการแสดงการเผยแพร่ลงในแพลตฟอร์มออนไลน์ Youtube

อุปกรณในการดำเนินการผลิตผลงานสร้างสรรค์

ผู้สร้างสรรค์มีอุปกรณ์ที่ช่วยส่งเสริมให้การสร้างสรรค์มีความสมบูรณ์และสอดคล้องกับเรื่องราว อุปกรณ์ดังกล่าวมีส่วนช่วยสำคัญในการดำเนินผลงานสร้างสรรค์และจัดอยู่ในองค์ประกอบของการแสดงได้แก่

1. เครื่องแต่งกาย: เครื่องแต่งกายผู้ป่วย ชุมนักเรียน เครื่องแต่งกายตามฐานะและบทบาทหน้าที่
2. อุปกรณ์ประกอบการแสดง ได้แก่ รถเข็นผู้ป่วย สายน้ำเกลือ ไม้ค้ำ แก้วน้ำ และกรอบรูป
3. ภาพและเสียง: ภาพข่าว บันทึกเสียงร้องบทโนรา และเพลงประกอบการแสดง
4. บทละคร

เทคนิคในการสร้างสรรค์ผลงาน

การสร้างสรรค์ละครในครั้งนี้ ผู้สร้างสรรค์ได้ใช้แนวคิดและกระบวนการละครตีโวซ์ (Devised Theatre) เพื่อให้ได้มาซึ่งละครที่มีความหลากหลาย ค้นหาค้นหาและทดลองเพื่อให้สาระสำคัญของการแสดงนั้นส่งต่อไปยังผู้ชมได้ และใช้เทคนิคการเล่าเรื่องแบบผสมผสานทั้งละคร การเคลื่อนไหวร่างกายในรูปแบบการเต้น นอกจากนี้ยังให้ความสำคัญไปที่ความหลากหลายของรูปแบบของการแสดงในแต่ละช่วง เช่น ช่วงที่ 1 ภัยแอลกอฮอล์ ใช้ผลจากการสะท้อนความคิดจากการตีโวซ์มาเป็นหลักในการนำเสนอ ช่วงที่ 2 ความเสมอภาค ใช้ท่าทางประกอบความรู้สึกและสื่อสารผ่านบทกลอน และช่วงที่ 3 การเปลี่ยนแปลงสู่สังคมในปัจจุบัน ใช้ผลจากการสะท้อนความคิดและร่วมกันค้นหาแนวทางที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในเชิงบวก

ผลงานสร้างสรรค์

ผลงานสร้างสรรค์ละครเรื่อง Begin with a change (เริ่มต้นที่การเปลี่ยนแปลง) เพื่อสะท้อนปัญหาภัยแอลกอฮอล์ ความเสมอภาค สู่การเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน โดยใช้วิธีการตีโวซ์ในการดำเนินงานสร้างละคร ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่ การสร้างสรรค์บทและกำกับการแสดง การนำเสนอผลงาน และวิเคราะห์ผลซึ่งดำเนินไปควบคู่กับการดำเนินงานสร้างสรรค์ ดังนี้

1. การสร้างสรรค์บทละคร

การสร้างสรรค์บทละคร ผู้สร้างได้นำหัวใจหลัก ภัยแอลกอฮอล์ ความเสมอภาค และการเปลี่ยนแปลงในสังคมปัจจุบัน มาเป็นตั้งต้นในการแบ่งส่วนของบทละคร และคัดเลือกนักแสดงที่มีทักษะการแสดงละครและการเต้น มาเป็นตัวละครหลักในการสื่อสารเรื่องราว รวมทั้งนักแสดงต้องถ่ายทอดประสบการณ์ ความคิด มีความพร้อมทั้งภายใน (อารมณ์และความรู้สึก) และภายนอก (ร่างกายและเสียง) เพื่อทดลองค้นหาและการสร้างสรรค์บท การสร้างสรรค์บทละครสามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ การสร้างโครงเรื่อง และช่วงที่ 2 การพัฒนาบท

1.1 การสร้างโครงเรื่อง ใช้วัตถุดิบที่เป็นหัวใจหลักในการแบ่งโครงสร้างของเรื่องสำหรับการสร้างบทละคร ในส่วนนี้นักแสดงมีส่วนสำคัญในการค้นหาเหตุการณ์ ดังนี้

- ช่วงที่ 1 ภัยของแอลกอฮอล์ ผู้สร้างสรรค์ให้พื้นที่นักแสดงในการค้นหาเหตุการณ์ที่กระทบใจจากตนเอง จากเพื่อน หรือจากสถานการณ์ที่เคยพบเจอ และให้นักแสดง แสดงออกผ่านทางท่าทางและคำพูด ในขั้นตอนนี้ผู้สร้างสรรค์จะเป็นผู้พิจารณาในการให้กระทำต่อ หรือหยุด หลักจากนั้นจะให้นักแสดงทุกคนได้ลองสื่อสารและสะท้อนสิ่งที่เจอในระหว่างการค้นหา ผลการค้นหาคือ นักแสดงบางคนก็คิดถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในครอบครัว บางคนก็เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับเพื่อน และบางคนก็เคยเห็นจากภาพข่าวในทีวี นอกจากนั้นการค้นหาในช่วงที่ 1 นี้ นักแสดงยังได้ทดลองใช้พื้นที่บนเวทีเพื่อสื่อสารด้วยบทพูดของตนเองด้วยเช่นกัน
- ช่วงที่ 2 ความเสมอภาค การทำงานในช่วงนี้เป็นการตีโวซ์ ท่าทางการเคลื่อนไหวตามบทร้องโนราที่กล่าวถึงภัยของสุราก่อให้เกิดเป็นภาวะทางสังคม จนกลายเป็นความไม่เท่าเทียมกันของคนในสังคม

ผลจากการค้นหาคือ นักแสดงยังไม่สามารถดึงความรู้สึกตามเนื้อร้องในบทออกมาได้เท่าที่ควร เนื่องจากตัวบทยังเป็นทำนองซ้ำ ทั้งผู้สร้างสรรค์และนักแสดงจึงร่วมกันลงความเห็นและปรับจังหวะของบทร้องให้มีความเร็วขึ้น และใช้เวลาให้นักแสดงได้ค้นหาท่าเต้นให้สอดคล้องกับบทร้องโนรา

- ช่วงที่ 3 การเปลี่ยนแปลงในสังคมปัจจุบัน ผู้สร้างสรรค์ต้องการสื่อให้เห็นถึงหนทางการดำเนินชีวิตที่สามารถดำเนินต่อไปได้โดยปราศจากการตีแผ่แอลกอฮอล์ โดยนำเนื้อหาของเพลง “ปล่อยจอย” มาเป็นตัวตั้งในการสร้างเหตุการณ์ โดยเนื้อเพลงจะมีคำว่า “ไหนเล่า ไหนเล่า” ซึ่งเมื่อออกเสียงจะมีความคล้ายคลึงกับคำว่า “ไหนเหล่า ไหนเหล่า” แล้วจึงให้นักแสดงแต่ละคนลงกำหนดสถานการณ์เป็นสถานที่หนึ่งที่มีความทุกข์มารวมตัวกันและจะชวนกันไปตั้งวงเหล้า ไขกลับมาเป็นตั้งวงเล่าเรื่องที่เคลียดอยู่ภายในใจทดแทน ผลการจากการค้นหาคือ นักแสดงใช้คำพูดที่มีความคล้ายคลึงกันเกินไป จนไม่เห็นความหลากหลายและบางประโยคไม่สามารถสื่อสารถึงเหตุการณ์ในเรื่อง ผู้สร้างสรรค์จึงปรับวิธีการให้นักแสดงพูดทีละคน หากประโยคไหนที่ซ้ำก็คัดเลือกประโยคใหม่ จนได้ประโยคที่หลากหลาย และสามารถสื่อสารเรื่องได้

1.2 การพัฒนาบท ผู้สร้างสรรค์ได้นำผลจากการค้นหาและทดลองกับนักแสดงมาพัฒนาเป็นบท โดยมีนิตินต์เป็นผู้ช่วยร่วมกันพิจารณาและนำกลับมาให้นักแสดงทดลองแสดง ซึ่งบางประโยคนักแสดงก็มีการปรับเปลี่ยนในช่วงระหว่างการซ้อมเพื่อให้บทพูดของแต่ละคนนั้นพูดได้อย่างเป็นธรรมชาติ ไม่ติดขัดในขณะที่พูด นอกจากนี้ เมื่อพัฒนาบทในแต่ละช่วงเรียบร้อยแล้วก็นำมาสู่การพัฒนาเรื่องและการเล่าเรื่อง หากจุดเชื่อมร้อย เชื่อมต่อเรื่องให้มีความสอดคล้องและไหลลื่นไปตลอดเรื่อง โดยการเพิ่มช่วงหัวเรื่อง เป็นการใส่ภาพข่าวอุบัติเหตุจากภัยแอลกอฮอล์ กลางเรื่อง บทพูดผ่านและท้ายเรื่องข้อความสรุปปิดท้ายแบบเชิญชวน “เริ่มต้นที่การเปลี่ยนแปลง” ดังนี้



ภาพที่ 1 การใช้สื่อประกอบการเล่าเรื่อง

2. การกำกับการแสดง

การสร้างสรรค์ละครในครั้งนี้ผู้สร้าง ทำหน้าที่เป็นผู้กำกับการแสดง ซึ่งนำเสนอละครในรูปแบบไม่เหมือนจริง มีการลำดับเรื่องราวเหตุการณ์ในมีความต่อเนื่องกันตั้งแต่ต้นจนจบ ใช้ระยะเวลาประมาณ 10 นาที เล่าเรื่องผ่านบทพูด การเคลื่อนไหวร่างกายและการเต้น รวมถึงการใช้สื่อมัลติมีเดียเป็นองค์ประกอบเสริมให้การเล่าเรื่องมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ผู้สร้างสรรค์ไม่ได้มีรูปแบบวิธีการกำกับการแสดงที่ตายตัวและเข้มงวดเนื่องจากเน้นกระบวนการทำงานร่วมกับนักแสดงและทีมงาน ไม่ได้มุ่งเน้นไปที่การออกคำสั่งหรือควบคุมให้นักแสดงต้องมีความไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง แต่จะทำหน้าที่ในการรับฟังความคิดเห็น และตั้งคำถามเพื่อหาทางออกร่วมกัน แต่ผู้กำกับการแสดงจะทำหน้าที่ในการมององค์รวมของการแสดงตั้งแต่ต้นจนจบ โดยมีสาระสำคัญของการแสดงในแต่ละช่วงคือ

ช่วงที่ 1 ภัยแอลกอฮอล์: นำเสนอให้เห็นผลกระทบของการดื่มแอลกอฮอล์ที่ได้รับผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมแก่ตนเองและสังคม เล่าเรื่องผ่านการแสดงละครด้วยด้วยการพูด



ภาพที่ 1-2 ฉากที่ 1 ภัยแอลกอฮอล์

ช่วงที่ 2 ความเสมอภาค: นำเสนอให้เห็นถึงผลกระทบที่ตามมาหลังจากสร้างปัญหาให้แก่ผู้อื่นแล้วนั้น ยังกลายเป็นภาระทางสังคม ก่อเกิดเป็นความไม่เท่าเทียมกัน ทั้งคนจน คนรวย สร้างชีวิตที่ยากลำบากให้กับผู้ที่ต้องอยู่ร่วมกันในครอบครัว เล่าเรื่องผ่านบทร้องโนราและการเคลื่อนไหวร่างกาย



ภาพที่ 3-4 ฉากที่ 2 ความเสมอภาค

ช่วงที่ 3 การเปลี่ยนแปลงในสังคมปัจจุบัน: นำเสนอให้เห็นถึงหนทางและแนวทางในการลด ละ เลิก การดื่มแอลกอฮอล์ เล่าเรื่องผ่านบทพูดและการเต้น



ภาพที่ 5-6 ฉากที่ 2 การเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน

การทำหน้าที่ในการจัดสรรและดูแลภาพรวมของการแสดงให้เป็นไปในทางที่ไม่ซ้ำถูกหรือซ้ำซ้อนต่อเรื่องราวที่ต้องการจะสื่อสารเป็นหน้าที่ที่สำคัญอย่างยิ่งในฐานะของผู้กำกับการแสดง และเช่นกันในการสร้างสรรค์ละครในครั้งนี้ผู้กำกับการแสดงได้เลือกใช้วิธีการนำเสนอให้เห็นภาพและแนวทางในการดำเนินชีวิตแบบปราศจากแอลกอฮอล์ แต่เปลี่ยนวิธีคิด และเมื่อคิดได้แล้วก็ให้เริ่มต้นที่จะเปลี่ยนแปลง โดยผู้กำกับมีความเชื่อว่าทุกอย่างเปลี่ยนแปลงได้หากเราเริ่มที่จะเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ในการกำกับ

แสดงผู้กำกับยังต้องคำนึงถึงตำแหน่งและทิศทางเคลื่อนไหวของนักแสดงบนเวทีในแต่ละฉากให้ความสอดคล้องและสมดุล เครื่องแต่งกายเมื่อปรากฏออกมายังเวทีให้มีความกลมกลืนไม่โดดเด่นมากเกินไป โดยฉากที่หนึ่งเลือกใช้เสื้อผ้าจริงตามเหตุการณ์ เช่น ชุดผู้ป่วย ชุดทำงาน และชุดในชีวิตประจำวัน ฉากที่ 2 ใช้ชุดสีขาวเพื่อสื่อถึงความบริสุทธิ์และดูสดใสพร้อมที่จะเปลี่ยนแปลง ฉากที่ 3 แต่งกายตามบทบาทที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เลือกรับบทเพลงและเพลงประกอบการแสดงให้สอดคล้องกับเนื้อเรื่อง

2. การนำเสนอ

การสร้างสรรค์ละครเรื่อง Begin with a change (เริ่มต้นที่การเปลี่ยนแปลง) ได้นำเสนอในงานการประชุมวิชาการสุราระดับชาติครั้งที่ 12 ภายใต้แนวคิด “ภัยแอลกอฮอล์: ความเสมอภาค และการเปลี่ยนแปลงในสังคมปัจจุบัน” จัดโดยศูนย์วิจัยปัญหาสุรา (ศวส.) และภาคีเครือข่าย ณ ศูนย์จัดประชุมคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา เมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2565

ผลจากการสร้างสรรค์ละครในครั้งนี้เพื่อเป็นหนึ่งทางเลือกที่ดีที่จะส่งต่อแนวทางการแก้ไขปัญหาการดื่มแอลกอฮอล์อันก่อให้เกิดผลกระทบต่อตนเองทั้งทางตรงและทางอ้อม รวมทั้งการเกิดเป็นภาระทางสังคม การนำเสนอของละครเรื่องนี้ได้เผยแพร่ให้กับนักวิชาการและนักวิจัย ได้รับการตอบรับที่ดีและกล่าวแนะนำว่าหากการแสดงชุดนี้ได้นำไปเผยแพร่ในวงกว้างก็จะเป็นเรื่องที่ดี การแสดงดูไม่น่าเบื่อ น่าสนใจและน่าติดตามโดยเฉพาะช่วงที่เป็นบทร้องโนรา เนื่องจากการประชุมนี้มีผู้เข้าร่วมมาจากหลากหลายภูมิภาค เป็นการเผยแพร่วัฒนธรรมที่ดีอีกทางหนึ่ง ทั้งนี้ผู้สร้างสรรค์ได้รับเสียงสะท้อนจากนักแสดงและทีมงานด้วยเช่นกันว่า ในขั้นตอนแรกของการทำงานละครนี้ไม่เข้าใจและไม่แน่ใจว่าจะสามารถสื่อสารเรื่องราวนี้ได้อย่างไร แต่เมื่อได้ทดลองและค้นหาร่วมกับผู้กำกับการแสดงและนักแสดง รวมถึงทีมงาน ก็ทำให้เข้าใจสิ่งที่ต้องสื่อสารมากขึ้นและเป็นการเปิดประสบการณ์ใหม่ให้กับนักแสดงด้วยเช่นกัน

คำขอบคุณ

งานสร้างสรรค์ชิ้นนี้จะไม่สำเร็จล่วงไปได้ด้วยดี หากขาดผู้ที่ให้โอกาสและให้โจทย์ในการทำงาน ขอขอบพระคุณ ศูนย์วิจัยปัญหาสุรา (ศวส.) คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา ขอขอบพระคุณประธานสาขาวิชา ศิลปะการแสดงที่คอยให้การสนับสนุนและให้กำลังใจ ขอขอบคุณโนรา กานต์ โนราดำ โนรา นองเจมส์ สำหรับการช่วยเหลือเรื่องบท ร้องโนรา ขอขอบคุณนักแสดงนิสิตชั้นปีที่ 3 และปีที่ 2 ตลอดจนนิสิตชั้นปีที่ 4 เอกการละคร ที่เป็นผู้สนับสนุนที่ดีเสมอมา

อ้างอิง

สุกัญญา สมะดอเล้าะ. (2565). ปริมาณการดื่มสุราส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมอย่างไร?. คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

การนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์

Poster

Presentation



Session
**วิทยาศาสตร์ชีวภาพ
และเกษตรศาสตร์**

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวหมากทอดกรอบ

อดิศรา ตันตสุทธิกุล^{1*}

บทคัดย่อ

ข้าวหมากเป็นการนำข้าวเหนียวดำหรือข้าวเหนียวขาวที่ผ่านกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (probiotic) ที่มีอยู่ในลูกแป้ง ซึ่งข้าวหมากที่ได้จะมีรสชาติหวาน งานวิจัยนี้ได้นำข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวหมากทอดกรอบ โดยการนำข้าวเหนียวดำหมักด้วยหัวเชื้อ (ลูกแป้ง) อัตราส่วนร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 w/w พบว่า ปริมาณลูกแป้งร้อยละ 0.1 มีความเหมาะสมต่อการผลิตข้าวหมากมากที่สุด ซึ่งมีรสชาติหวาน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 29.9 ± 0.1 °Brix มีแอลกอฮอล์เล็กน้อย (2.3%) และมีคะแนนความชอบมากที่สุด หลังจากนั้นนำไปผสมแป้งข้าวเหนียวดำอัตราส่วนร้อยละ 0 30 50 70 และ 100 w/w พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับข้าวหมากที่ผสมแป้งข้าวเหนียวดำอัตราส่วนร้อยละ 70 เมื่อนำไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที พบว่า ผลิตภัณฑ์มีการพองตัวดีและกรอบ ความชื้นร้อยละ 3.04 ± 0.09 และปริมาณน้ำอิสระ 0.59 ± 0.01 ดังนั้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวหมากทอดกรอบเป็นการเพิ่มความหลากหลาย และเพิ่มมูลค่าของข้าวเหนียวดำในท้องถิ่นอีกด้วย

คำสำคัญ: ข้าวหมาก ข้าวเหนียวดำ ข้าวหมากทอดกรอบ

¹ หลักสูตรเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร, คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จังหวัดสงขลา 90000

¹ Program in Agricultural Technology and Food, Agricultural Technology Faculty Rajabhat Songkhla University, Songkhla, 90000

* Corresponding Author: E-mail: tan1ads@yahoo.com

Product Development of Fried Sweet Fermented Rice Crispy

Adisara Tantasuttikul^{1*}

Abstract

Sweet fermented rice (Khao Mak) is the process of fermenting black or white glutinous rice with beneficial bacteria (probiotics) contained in the starter (Luk paeng). The resulting Khao mak will have a sweet taste. In this research, Khao mak was developed into a crispy fried rice product. The black glutinous rice was fermented with the starter at ratios of 0.1, 0.3, and 0.5% (w/w). The result found 0.1% of the starter was suitable for Khao mak, which has a sweet taste. The soluble solids content was 29.9 ± 0.1 °Brix, slightly alcohol (2.3%), and a high score on the preference test. After that, Khao mak was mixed with black glutinous rice flour at ratios of 0, 30, 50, 70, and 100% (w/w). The result found the panelists accepted a ratio of 70% (w/w). Then, there deep-fried at 180°C for 1 minute. It was puffy and crispy. Moisture content was $3.04 \pm 0.09\%$ and water activity was 0.59 ± 0.01 . Therefore, the development of crispy fried rice from sweet fermented rice is to increase the product variety and the value of local black glutinous rice.

บทนำ

ข้าวหมากเป็นอาหารพื้นบ้านจัดเป็นอาหารหวานหรืออาหารว่าง ผลิตจากข้าวเหนียวขาวหรือดำ ข้าวเหนียวดำที่ใช้เป็นพันธุ์พื้นเมืองของภาคใต้ เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะอ่อนนุ่ม ข้าวเหนียวสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตข้าวหมากที่มีแอนโธไซยานิน โพรตีน และใยอาหารหายาบ (อนุสรณ์ และคณะ 2555) ข้าวหมากจะนำข้าวเหนียวหมักกับก้อนแป้งซึ่งประกอบด้วยแป้งและสมุนไพรรักษาที่เรียกว่า ลูกแป้ง เป็นหัวเชื้อหมักข้าวเหนียว โดยปกติจะมีการผสมลูกแป้งไม่เกินร้อยละ 0.5 เพื่อให้เกิดรสชาติหวานและมีแอลกอฮอล์เล็กน้อย (สุวินัย, 2558) ข้าวหมากที่ได้จึงมีรสชาติหวาน ในลูกแป้งมีการเจริญของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ เช่น ยีสต์และแบคทีเรียแลคติก ที่สามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคทางเดินอาหารและกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรค ข้าวหมากจึงจัดเป็นโพรไบโอติก (probiotic) ที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ทำการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในร่างกาย กระตุ้นการสร้างอนุมูลอิสระ ช่วยระบบทางเดินอาหารให้ทำงานปกติ ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค (ชนัญญา, 2559) ข้าวหมากจึงเป็นทางเลือกสำหรับคนรักสุขภาพ การพัฒนาข้าวหมากเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวหมากทอดกรอบทำให้มีความหลากหลายมากขึ้น อีกทั้งการใช้ประโยชน์ข้าวเหนียวสายพันธุ์พื้นเมือง เพิ่มมูลค่าของข้าวหมากในท้องถิ่นและสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวหมากให้แก่ชุมชนท้องถิ่นต่อไป

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมข้าวเหนียวดำ

นำข้าวเหนียวดำ มาทำการล้างและคัดเลือกสิ่งแปลกปลอม หลังจากนั้นนำมาแช่น้ำ 6 ชั่วโมง และนำมานึ่งประมาณ 30 นาที รอให้ข้าวเย็นตัวลง 15 นาที จึงนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก

2. ศึกษาปริมาณการใช้หัวเชื้อที่เหมาะสมเพื่อหมักข้าวหมาก

จากข้อ 1 นำข้าวที่นึ่งสุกแล้วมาล้างจนน้ำยางของข้าวออก นำมาสะเด็ดน้ำ ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง 40 นาที แล้วใส่ลูกแป้งปริมาณร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 w/w จากนั้นนำลูกแป้งมาโรยบนข้าวแต่ละชุดการทดลอง คลุกเคล้าจนทั่ว ตักใส่ภาชนะบรรจุที่สะอาด บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน จากนั้น คัดเลือกข้าวหมากที่มีรสชาติ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรสที่ดี โดยนำข้าวหมากที่ได้มาวิเคราะห์ ดังนี้

2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ด้วยเครื่อง Refractometer หยอดตัวอย่าง (น้ำเชื่อม) ลงบนปริซึม 1-2 หยดปิดแผ่นปิดใสๆ ลง แล้วสังเกตตัวอย่างต้องกระจายเต็มพื้นที่อย่างสม่ำเสมอสองดูเกลททางช่องสำหรับดู โดยหันหน้าเข้าหาแสงสว่างแล้วอ่านสเกลตรงบริเวณรอยต่อของแถบทึบและแถบสว่าง เช็ดตัวอย่างออกจากปริซึมด้วยกระดาษทิชชูชุบน้ำหมาดๆ จนสะอาด

2.2 การประเมินทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale โดยเลือกประชากรกลุ่มทดสอบทั่วไป จำนวน 30 คน ทดสอบโดยการตรวจลักษณะปรากฏ สี กลิ่นและรสชาติ นำผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด นำไปทดลองในขั้นตอนต่อไป

2.3 ปริมาณแอลกอฮอล์ ด้วยเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ แบบอีบูลลิโอมิเตอร์ (Ebulliometer)

2.4 ปริมาณความชื้น ด้วยเครื่องวัดความชื้น แบบอินฟราเรด (Moisture Analyzer) นำตัวอย่างใส่ลงในภาชนะเฉพาะของเครื่อง แล้วนำไปในเครื่องเพื่อหาค่าความชื้น

2.5 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (aw) นำตัวอย่างมาบดให้ละเอียด บรรจุลงในช่องใส่ตัวอย่างของเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ

3. ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมากทอดกรอบ

ข้าวหมากที่ได้จากข้อ 2. ผสมกับแป้งข้าวเหนียวดำในอัตราส่วน 100:0 (สูตรควบคุม) 70:10 50:50 30:70 และ 0:100 และผลิตตามสูตรจากตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรการทำข้าวอบกรอบ

ส่วนผสม (กรัม)	สูตรที่ 1 (ควบคุม)	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
แป้งข้าวเหนียว	100	70	50	30	0
ข้าวหมาก (บิบน้ำ)	0	30	50	70	100
น้ำข้าวหมาก	100	100	100	100	100
ผงฟู	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
เกลือ	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

นวดผสมให้เข้ากันประมาณ 15 นาที หลังจากนั้น นำมารีดให้เป็นแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร นำไปนึ่งเป็นเวลา 15 นาที นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตัดเป็นชิ้นขนาด 2.5 x 2.5 เซนติเมตร แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จนมีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 20 รอให้เย็นจึงเก็บตัวอย่างในถุงฟอรัยเพื่อนำมาทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

3.1 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (aw) นำตัวอย่างมาบดให้ละเอียด บรรจุลงในช่องใส่ตัวอย่างของเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ

3.2 ค่าเนื้อสัมผัส การทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสทำ การทดสอบในลักษณะของแรงกด โดยใช้วิธีกด 3 จุด (3-Point Bending test) ความเร็วในการกด 1 mm/s แรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกดใช้อ้างอิงเป็นค่าความแข็งของตัวอย่างส่วนระยะทางที่ตัวอย่างด้านแรงกดก่อนที่จะแตกหักใช้อ้างอิงเป็นค่าความกรอบ โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer)

3.3 ค่าการพองตัว (ดัดแปลงจาก Nurul *et al.*, 2010) วัดค่าการพองตัวด้วยการใช้วิธีแทนที่เมล็ดงา โดยการนำเมล็ดงาเทลงในแก้วปากเรียบให้เต็ม และปาดให้เรียบ นำมาวัดปริมาตรโดยใช้กระบอกตวง จดปริมาตรที่ได้ (V1) นำข้าวอบแห้งก่อนสุก จำนวน 10 กรัม ใส่แก้ว ใบเติมใส่เมล็ดงาลงไปจนเต็มปากแก้ว ปาดให้เรียบ แยกเอาข้าวอบแห้งก่อนสุกออก นำเมล็ดงาที่เหลือไปวัดปริมาตร (V2) ความแตกต่างระหว่างปริมาตรของเมล็ดงา (V1 - V2) คือ ปริมาตรของข้าวอบแห้งก่อนอบสุก หลังจากนั้นนำข้าวอบแห้งขึ้นเติมไปอบให้สุก ข้าวที่ได้จะนำมาหาปริมาตร (V3) ด้วยวิธีเดียวกัน จะได้ปริมาตรของข้าวอบแห้งหลังอบสุก (V1 - V3) อัตราส่วนของการพองตัว คือ ปริมาตรของข้าวอบแห้งหลังอบสุกหารด้วยปริมาตรของข้าวอบแห้งก่อนอบสุก

3.4 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างจากข้าวเหนียวดำ โดยใช้วิธี 9-Points Hedonic Scale (1= ไม่ชอบมากที่สุด และ 9= ชอบมากที่สุด) ประเมินคุณภาพทางด้านสี และลักษณะปรากฏ

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS V.23

สรุปผลการวิจัย

1. ศึกษาปริมาณการใช้หัวเชื้อที่เหมาะสมเพื่อการหมักข้าวหมาก

จากการศึกษาการหมักข้าวเหนียวดำในแต่ละสูตร โดยใช้ปริมาณลูกแป้งที่แตกต่างกัน คือ ร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 w/w จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน ในภาชนะปิดสนิท ทำการคัดเลือกข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยลูกแป้ง และมีคุณลักษณะข้าวหมากที่มีรสชาติ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรสที่ดี พบว่า ข้าวหมากหลังจากการหมักด้วยลูกแป้งที่ระดับร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.5 w/w มีปริมาณความชื้นร้อยละ 26.2 ± 1.82 24.0 ± 3.00 และ 24.4 ± 0.50 ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่า ข้าวหมากที่ใส่ปริมาณลูกแป้งร้อยละ 0.1 w/w มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุด เนื่องจากในกระบวนการหมักจะมียีสต์ทำให้แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาล จึงทำให้มีความหวานเพิ่มขึ้น และบางส่วนถูกเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ (มนชัย, 2546) ซึ่งในข้าวหมากมีปริมาณแอลกอฮอล์ประมาณ 2.3% ซึ่งข้าวหมากที่มีปริมาณลูกแป้งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น เนื่องจากในกระบวนการหมักนอกจากจะได้น้ำตาลแล้ว ทำให้มีการผลิตแอลกอฮอล์ในกระบวนการหมักได้อีกด้วย การหมักด้วยการใช้ปริมาณลูกแป้งเพิ่มขึ้น นั่นคือ ปริมาณของเชื้อเริ่มต้นในการหมักเพิ่มขึ้นด้วย จึงทำให้การผลิตน้ำตาลและเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์เร็วขึ้น (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าของแข็งที่ละลายได้ ความเป็นกรดเป็นด่างและปริมาณแอลกอฮอล์ของข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยลูกแป้งที่ระดับปริมาณต่างๆ

การตรวจสอบ	ปริมาณลูกแป้ง (ร้อยละ)		
	0.1	0.3	0.5
ความชื้น (%)	26.2 ± 1.82^a	24.0 ± 3.00^a	24.4 ± 0.50^a
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.9 ± 0.85^a	0.9 ± 0.85^a	0.9 ± 0.85^a
ค่าของแข็งที่ละลายได้ ($^{\circ}$ Brix)	59.8 ± 0.11^a	52.8 ± 0.11^b	51.2 ± 0.23^c
ปริมาณแอลกอฮอล์ (%)	2.3 ± 0.00^c	3.9 ± 0.00^b	4.0 ± 0.00^a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a, b, c} ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวหมากทั้ง 3 สูตร แต่สูตรที่มีปริมาณลูกแป้งร้อยละ 0.1 w/w ได้รับการยอมรับมากที่สุดในทุกคุณลักษณะ แสดงดังตารางที่ 3

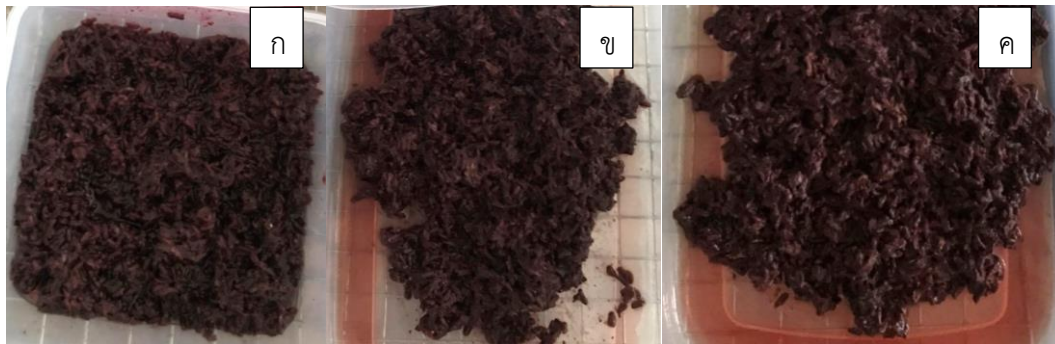
ตารางที่ 3 การประเมินทางประสาทสัมผัสของข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยลูกแป้งที่ระดับปริมาณต่างๆ

คุณลักษณะ	ปริมาณลูกแป้ง (ร้อยละ)		
	0.1	0.3	0.5
ลักษณะปรากฏ	8.1±1.05 ^a	7.3±1.58 ^a	7.5±1.63 ^a
รสชาติ	7.1±1.31 ^a	6.8±0.94 ^a	7.2±0.97 ^a
เนื้อสัมผัส	8.0±1.05 ^a	7.5±1.58 ^a	7.0±1.63 ^a
ความชอบรวม	7.8±1.03 ^a	7.1±1.10 ^a	7.2±1.15 ^a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a, b, c} ตัวอักษรเหมือนกันในแนวดิ่งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ดังนั้นการใช้ปริมาณลูกแป้งที่ระดับร้อยละ 0.1 w/w จึงเป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งมีรสชาติหวาน ลักษณะข้าวหมากไม่เละ มีปริมาณแอลกอฮอล์เล็กน้อย และไม่มีรสชาติเปรี้ยว แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ข้าวหมากที่หมักด้วยลูกแป้งที่ระดับร้อยละ (w/w) 0.1 (ก) 0.3 (ข) และ 0.5 (ค)

2. ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตข้าวอบกรอบจากข้าวหมาก

จากการคัดเลือกปริมาณการใช้ลูกแป้งที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก พบว่า ปริมาณลูกแป้งร้อยละ 0.1 w/w มีความเหมาะสมที่ทำให้ข้าวหมากมีลักษณะไม่เละ มีรสชาติดี หลังจากนั้นนำข้าวหมากที่ได้มาผสมด้วยแป้งข้าวเหนียว ดังสูตรตารางที่ 1 โดยแต่ละสูตรนำมาผ่านกระบวนการขึ้นรูปและอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อลดปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก จากนั้นทำให้ความเย็นตัดเป็นชิ้นขนาด 2.58 x 2.5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี ได้แก่ ตรวจสอบคุณภาพความชื้น ความหวาน ปริมาณน้ำอิสระ และ ค่าการพองตัวของข้าวอบกรอบจากข้าวหมากที่ใช้สูตรที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ข้าวหมากก่อนทอด ในสูตรต่างๆ

การตรวจสอบ	สูตร				
	1 (ควบคุม)	2	3	4	5
ความชื้น (%)	17.3±0.18 ^a	17.7±0.83 ^a	16.8±0.96 ^a	13.1±0.42 ^b	6.14±0.51 ^c
ปริมาณน้ำอิสระ (aw)	99.07±0.85 ^b	99.11±0.85 ^b	99.08±0.81 ^a	99.14±0.83 ^b	99.15±0.83 ^b

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a, b, c} ตัวอักษรเหมือนกันในแนวดิ่งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4 ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากก่อนทอด พบว่า สูตร 2 และ 3 มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกับสูตร 1 ซึ่งเป็นสูตรควบคุม ในขณะที่สูตร 4 และ 5 มีปริมาณความชื้น น้อยกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากในสูตรดังกล่าวมีปริมาณแป้งข้าวเหนียวดำที่ผสมในสูตรน้อยลงและไม่มีแป้งข้าวเหนียวดำในสูตร (สูตร 5) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นลดลง เมื่อนำไปอบที่อุณหภูมิและเวลาเดียวกัน นอกจากนี้เมื่อตรวจสอบค่า aw พบว่า ทุกสูตรมีค่า aw อยู่ในช่วง 0.8-0.9 ซึ่งค่า aw ที่อยู่ระหว่าง 0.6-0.85 จัดเป็นอาหารกึ่งแห้ง ซึ่งจะส่งผลให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ช้าลง (นิธิยา, 2549)

ตารางที่ 5 ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ข้าวหมากทอดกรอบในสูตรต่างๆ

การตรวจสอบ	สูตร				
	1 (ควบคุม)	2	3	4	5
ความชื้น (%)	10.32±0.36 ^a	5.65±0.47 ^b	5.34±0.34 ^b	3.04±0.09 ^b	0.28±0.36 ^c
ปริมาณน้ำอิสระ (aw)	0.78±0.04 ^a	0.62±0.08 ^b	0.76±0.05 ^a	0.59±0.01 ^c	0.50±0.06 ^c

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a, b, c} ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

หลังจากนั้นนำข้าวหมากที่ผสมแป้งข้าวเหนียวห้ล้งอบ มาทำการทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เวลา 1 นาที ทำการตรวจสอบปริมาณความชื้นและค่า aw (ตารางที่ 5) พบว่า ทุกสูตรมีความชื้นและค่า aw ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวหมากก่อนทอด ปริมาณความชื้นที่ลดลงเนื่องจากในกระบวนการทอดทำให้น้ำภายในข้าวหมากทอดกรอบระเหยจากภายในสู่ภายนอก ส่งผลให้ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลง ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวกรอบปรุงรส ที่กำหนดค่า aw ต่ำกว่า 0.6 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2562) นอกจากนี้เมื่อทดสอบการพองตัวและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวหมากทอดกรอบ พบว่า สูตรที่ 4 มีการพองตัวมากที่สุด และมีค่าความแข็ง (hardness) มีค่าเท่ากับ 2692.50±643.87 กรัม ซึ่งมีค่าความแข็งน้อยกว่าสูตรควบคุม (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 การตรวจสอบค่าการพองตัวและเนื้อสัมผัสข้าวอบกรอบจากข้าวหมากทอดกรอบในสูตรต่างๆ

การตรวจสอบ	สูตร				
	1 (ควบคุม)	2	3	4	5
การพองตัว	110.77±0.01 ^d	112.6±0.01 ^b	111.31±0.01 ^c	114.91±0.00 ^a	110.21±0.01 ^d
Hardness (gForce)	3949.35±1189.97 ^c	6170.11±1018.89 ^b	6673.95±2099.92 ^a	2692.50±643.87 ^d	1590.78±407.55 ^d

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a, b, c, d} ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จากนั้นทำการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส ความกรอบ และความชอบโดยรวม โดยใช้เกณฑ์คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี และความกรอบในสูตรที่ 4 มากที่สุด และได้กลิ่นรสของข้าวหมาก (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 การทดสอบความชอบแบบ 9-point hedonic scale ของผลิตภัณฑ์ข้าวหมากทอดกรอบที่สูตรต่างๆ

คุณลักษณะ	สูตร				
	1 (ควบคุม)	2	3	4	5
ลักษณะปรากฏ	5.6±1.41 ^a	5.4±1.13 ^a	5.7±1.20 ^a	6.0±0.70 ^a	5.4±0.88 ^a
สี	5.7±0.97 ^a	5.3±1.50 ^a	5.8±1.16 ^a	5.8±1.16 ^a	5.3±1.50 ^a
กลิ่น	5.6±1.50 ^a	5.4±1.74 ^a	6.4±1.33 ^a	6.0±1.22 ^a	5.2±1.39 ^a
กลิ่นรส	4.3±2.29 ^a	5.5±1.74 ^a	5.8±1.53 ^a	5.5±2.06 ^a	3.0±1.73 ^a
ความกรอบ	6.5±2.12 ^a	6.0±2.44 ^a	6.4±1.87 ^a	8.1±0.78 ^a	6.8±2.08 ^a
ความชอบโดยรวม	5.8±1.61 ^a	6.1±1.45 ^a	6.5±0.88 ^a	6.3±1.11 ^a	5.2±1.85 ^a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a, b, c, d} ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวหมากทอดกรอบ เป็นการเพิ่มความหลากหลาย เพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์ข้าวเหนียวดำในท้องถิ่น การใช้ลูกแป้งปริมาณร้อยละ 0.1 w/w ทำให้ข้าวหมากมีรสชาติหวาน เมล็ดข้าวเหนียวยังคงรูป นุ่ม มีกลิ่นแอลกอฮอล์เล็กน้อย เมื่อนำข้าวหมากที่ได้ผสมแป้งข้าวเหนียวดำ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวหมากทอดกรอบ พบว่า สูตรที่เหมาะสมต่อการผลิต มีอัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวดำต่อข้าวหมาก เท่ากับ 30:70 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีการพองตัวดี มีความกรอบ และมีกลิ่นรสของข้าวหมาก

เอกสารอ้างอิง

- ชนัญญา เทียงแท้ เจริญ เจริญชัย สาริรัตน์ รัตนวงศ์पाल อรวัลย์ อุปลัมภานนท์ และปาลิตา ตั้งอนุรัตน์. 2559. คุณสมบัติด้านโภชนาการของผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่าข้าวหมาก. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ราชธานีวิชาการ ครั้งที่ 1. 1613-1620.
- นิตยา รัตนพานนท์. 2549. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 487.
- มณชัย เดชสังกรานนท์. 2546. คุณสมบัติของยีสต์และราที่มีบทบาทในการหมักข้าวหมากและสาโท. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวหมาก. มผช. 162/2546. สืบค้นเมื่อ 14 มีนาคม 2566, จาก <http://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx>.
- สุวินัย เกิดทับทิม. 2558. การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการทำแป้งข้าวหมากในเขตภาคกลางของประเทศไทย. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มิ.ย. 2558) 55-70.
- อนุสรณ์ ทองใหญ่ ศิริพร เรียบร้อย ศุภศิลป์ มณีรัตน์ นื่องนุช ศิริวงศ์ และสิริพันธ์ จุลกรังคะ. 2555. การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมีฟิสิกส์และประสาทสัมผัสระหว่างการหมักข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50: สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์, สาขาพืช. 82-89.

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและด้านการอักเสบของเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือ

ณัฐทัย สุทธิวงษ์^{1*} ปิยดา สุขดี¹ วาสนา อะนันต์²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของส่วนประกอบอื่นในผลิตภัณฑ์และขั้นตอนการผลิตต่อการเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดเห็ดหลินจือเมื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือ โดยการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radicals (DPPH) และ ferric reducing antioxidant power (FRAP) และความสามารถในการต้านการอักเสบ ด้วยการทดสอบการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีนเอส ผลการศึกษาพบว่าเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือและสารสกัดเห็ดหลินจือในตัวทำละลายน้ำ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อพิจารณาค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระทั้งการทดสอบความสามารถในการจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และความสามารถในการให้อิเล็กตรอนเมื่อทดสอบด้วย FRAP assay ของตัวอย่างทดสอบทั้งสองชนิดนี้ พบว่าความเข้มข้นของสารสกัดเห็ดหลินจือส่งผลให้ฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระสูงขึ้น เมื่อประเมินคุณสมบัติด้านการอักเสบโดยทดสอบฤทธิ์ด้านการทำงานของเอนไซม์โปรตีนเอสเห็นว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีนเอสของเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือและสารละลายน้ำของสารสกัดเห็ดหลินจือมีค่าใกล้เคียงกัน (แตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%) ยกเว้นเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเห็ดหลินจือเท่ากับ 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิเมตร ที่พบว่าฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีนเอสของสารละลายเห็ดหลินจือสูงกว่าเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือ ข้อมูลจากการศึกษานี้บ่งชี้ว่าส่วนประกอบอื่นที่ใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือนี้ รวมทั้งขั้นตอนการผลิต ไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดเห็ดหลินจือหลังถูกพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือและสารสกัดเห็ดหลินจือที่ได้จากงานวิจัยนี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีนเอส ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ด้านการอักเสบ เครื่องดื่มผสมคาเฟอีน สารสกัดเห็ดหลินจือ

¹ นักวิจัย, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี 12110

¹ ผู้ช่วยนักวิจัย, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี 12110

² นักศึกษาปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณเจ้าทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

¹ Research Officer, Thailand Institute of Scientific and Technological Research Pathum Thani 12110

¹ Research Assistant, Thailand Institute of Scientific and Technological Research Pathum Thani 12110

² Master Student, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Bangkok 10520

* Corresponding Author: E-mail: nuthathai@tistr.or.th

Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of Caffeinated Drink Fortified with Lingzhi (*Ganoderma lucidum*) Extract.

Nuthathai Sutthiwong¹, Piyada Sukdee¹ and Wassana Anan²

Abstract

Evaluation of antioxidant and anti-inflammatory properties of caffeinated Lingzhi extract-fortified drink in this study was carried out in order to investigate the influence of other components and production processes on changes in the bioactivity of *G. lucidum* extract after product development. The two methods including 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radicals (DPPH) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) were applied for measuring the ability of antioxidants while the inhibitory properties in inflammation were analyzed using trypsin inhibition assay. The results showed that the caffeinated drink fortified with *G. lucidum* extract and aqueous *G. lucidum* extract solution had no statistically significant difference in antioxidant activities at the confidence level of 95%. Regarding the antioxidant potential in both the free radical scavenging activity and the electron-donating ability of the samples, it was found that the concentration of *G. lucidum* extract resulted in higher antioxidant activity. The assessment of anti-inflammatory properties through the inhibitory effect on proteinase activity displayed the effectiveness of the drink and the aqueous *G. lucidum* extract solution on proteinase inhibition, which both studied samples provided similar values (not significantly different at the confidence level of 95%), except when the *G. lucidum* extract concentration was 500 µg/mL that found the inhibitory effect of proteinase activity of aqueous *G. lucidum* extract solution was higher than that of caffeinated drink fortified with the extract. The data from this study indicate that other ingredients used and production processes did not influence the bioactivity change of *G. lucidum* extract after product development. In addition, these results figure that caffeinated drink fortified with *G. lucidum* extract as well as *G. lucidum* extract obtained in this study had antioxidant activity and inhibition of proteinase activity, which can be used as information to decide to buy products for consumers who are health conscious.

Keywords: Antioxidant, Anti-inflammatory, Caffeinated beverage, *Ganoderma lucidum* extract

บทนำ

ภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบันทำให้คนส่วนใหญ่ต้องทำงานแข่งกับเวลา ร่างกายต้องใช้พลังงานที่มีอยู่อย่างมากมายจึงส่งผลให้ร่างกายเกิดอาการอ่อนเพลีย วิธีที่ดีที่สุดที่จะเรียกพลังงานกลับคืนมาเพื่อให้สามารถที่จะทำงานได้ดีเหมือนเดิม คือการรับประทานอาหารและการพักผ่อนให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย อย่างไรก็ตามด้วยกิจกรรม ลักษณะงาน รวมทั้งความจำเป็นต่างๆ เช่น การทำงานในเวลากลางคืนหรือต้องทำงานติดต่อกันเป็นเวลานาน ผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มที่เมื่อบริโภคเข้าไปแล้วสามารถที่จะช่วยให้เกิดการตื่นตัวและบรรเทาอาการง่วงซึมได้ อย่างน้อยก็ชั่วขณะหนึ่ง จึงมีแนวโน้มการบริโภคที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนจึงมีส่วนช่วยกระตุ้นร่างกายให้สดชื่น ตื่นตัวบรรเทาอาการเหนื่อยล้า และกลับเข้าสู่สภาวะการทำงานปกติ ปัจจุบันการผลิตเครื่องดื่มประเภทนี้มีการเติมส่วนผสมของสมุนไพรต่างๆ ที่มีสรรพคุณช่วยในเรื่องการบำรุงและเพิ่มสมรรถนะของร่างกายลงไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชสมุนไพรที่มีงานวิจัยรองรับเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการบำรุงอวัยวะภายในร่างกาย ทำให้ร่างกายชุ่มชื้น ลดความกระหายน้ำ ปรับสมดุลของร่างกาย และปรับการทำงานอย่างต่อเนื่อง

เห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst) เป็นพืชสมุนไพรที่มีประวัติการใช้ในการสร้างเสริมสุขภาพ ป้องกันและบำบัดโรคมาอย่างยาวนาน การนำมาบริโภคมีหลายรูปแบบ เช่น ผงบดแห้งสารสกัดบรรจุแคปซูล ฝานเป็นชิ้นต้มกับน้ำหรือสารสกัดบรรจุแคปซูล มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับฤทธิ์ของเห็ดหลินจืออย่างกว้างขวางซึ่งรวมถึงการส่งเสริมภูมิคุ้มกันต้านมะเร็ง ต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันเบาหวาน ป้องกันตับ ป้องกันระบบประสาท ป้องกันหัวใจ ต่อต้านภูมิแพ้ ป้องกันโรคกระดูกพรุน และต้านการอักเสบ (Sheikha et al., 2022) นอกจากนี้ยังพบฤทธิ์ของเห็ดหลินจือต่อการปรับปรุงสมรรถภาพทางกายในผู้ที่มีภาวะไฟโบรมัยอัลเจีย (Fibromyalgia) คือ มีอาการปวดเรื้อรังตามกล้ามเนื้อ เส้นเอ็น และเนื้อเยื่ออ่อนทั่วร่างกาย โดยสารสำคัญหลักที่พบในเห็ดหลินจือ ได้แก่ โปรตีน เทอร์ปีนอยด์ (terpenoids) และพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) (Collado Mateo et al., 2015) ประเทศไทยมีการใช้ผลิตภัณฑ์เห็ดหลินจือกันอย่างแพร่หลายทั้งผลิตภัณฑ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศและผลิตภายในประเทศ โดยสายพันธุ์ของเห็ดหลินจือที่มีการเพาะเลี้ยงมีหลากหลายสายพันธุ์ รสชาติและสรรพคุณของเห็ดหลินจือแต่ละสายพันธุ์ก็จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยนอกเหนือจากสายพันธุ์ของเห็ดหลินจือแล้ว สภาพแวดล้อมในการเพาะเลี้ยง เช่น แหล่งอาหาร อุณหภูมิ แสงสว่าง และค่าความเป็นกรดเบส ก็ส่งผลต่อปริมาณสารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเห็ดหลินจือเช่นกัน

ปัจจุบันเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนที่จัดจำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่จะมีส่วนประกอบหลักที่เหมือนกัน คือ น้ำตาลคาเฟอีน (Caffeine) และทอรีน (Taurine) สำหรับการใส่ส่วนผสมอื่นๆ ที่ได้จากพืช/สมุนไพรยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดด้านกลิ่นและรส รวมทั้งการตกตะกอน ที่เป็นอุปสรรคต่อการนำไปเป็นส่วนประกอบหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผสมคาเฟอีนซึ่งมีรสชาติและกลิ่นที่มีลักษณะเฉพาะที่ผู้บริโภคยอมรับ นักวิจัยจึงได้พัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือ ซึ่งเป็นเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยนักวิจัยจากศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) มีการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพด้านต่างๆ ของสารสกัดเห็ดหลินจือที่ได้โดยนักวิจัยจากศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมผลิตภัณฑ์สมุนไพร วว. อย่างไรก็ตามการนำสารสกัดจากพืชสมุนไพรไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งมีส่วนประกอบชนิดอื่นๆ อาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อฤทธิ์ทางชีวภาพเนื่องจากการเกิดการรบกวนจากส่วนประกอบอื่นที่เติมลงไป ผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบของเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือเพื่อประเมินประสิทธิภาพของฤทธิ์ดังกล่าวที่ยังคงอยู่เมื่อผ่านกระบวนการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว

วิธีการวิจัย

การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์

การเตรียมสารสกัดหยาบเห็ดหลินจือ นำเห็ดหลินจือที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส มาบดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องปั่น เติมตัวทำละลายน้ำแล้วนำไปโสมโจนซ์ ที่ความเร็ว 15,000 – 20,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นสกัดโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิคควบคุมอุณหภูมิที่ 50-60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เมื่อครบกำหนดนำไปกรองผ่านผ้ากรองไนลอนเพื่อแยกกากและสารสกัด (ส่วนใส) นำกากเห็ดหลินจือที่กรองได้ไปสกัดซ้ำอีก 2 รอบ ผสมสารสกัด (ส่วนใส) ที่ได้จากการสกัดทั้ง 3 ครั้งเข้าด้วยกันเพื่อนำไประเหยตัวทำละลายออกจากส่วนใสได้ด้วยเครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนปริมาตรลดลงเหลือ 1/3 ทำแห้งต่อด้วยกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจากนั้นนำมาบดให้เป็นผงละเอียด เก็บรักษาในตู้ควบคุมความชื้นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

การเตรียมเครื่องตีผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือ นำเครื่องตีผสมคาเฟอีนสูตรพื้นฐานที่พัฒนาจากการวิจัยก่อนหน้านี้ (ไม่ระบุชนิดและปริมาณของส่วนผสมในงานตีพิมพ์ครั้งนี้) มาเติมสารสกัดหยาบเห็ดหลินจือ โดยให้ความเข้มข้นของสารสกัด 4 ระดับ ได้แก่ 0.01, 0.02, 0.03 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากนั้นนำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ต่อผู้บริโภคนจำนวน 30 คน ผลการทดสอบพบว่า CLD ที่มีความเข้มข้นของสารสกัดทั้ง 4 ระดับ ได้รับการยอมรับจากผู้เข้าร่วมการทดสอบ โดยการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารสกัดหยาบเห็ดหลินจือ ความเข้มข้น 0.01, 0.02, 0.03 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ 100 100 83.33 และ 83.33 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือก CLD ทั้ง 4 แบบนี้มาทำการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ เปรียบเทียบกับสารสกัดเห็ดหลินจือละลายในน้ำ (ซึ่งต่อไปเรียกว่า สารละลายเห็ดหลินจือ) ที่ความเข้มข้น 0.01, 0.02, 0.03 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และยาไอบูโพรเฟน (Ibuprofen) ซึ่งเป็นยาต้านการอักเสบที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ (nonsteroidal anti-inflammatory drug; NSAID) ที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ใช้เป็นยาอ้างอิง (reference drug) เนื่องจากไอบูโพรเฟนยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไซโคลออกซีจีเนส (Cyclooxygenase; COX) ซึ่งกระตุ้นการเปลี่ยนกรดอะราคิโดนิก (Arachidonic acid) เป็นพรอสตาแกลนดิน (Prostaglandin) ซึ่งเป็นสารประกอบในร่างกาย มีหน้าที่ข้องเกี่ยวกับการบาดเจ็บ/อักเสบ (ก่ออาการปวด บวม แดง ร้อน ของเนื้อเยื่อ) และยังเกี่ยวข้องสำคัญกับอาการเจ็บ/ปวด จึงถือได้ว่ายาไอบูโพรเฟนเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังมีรายงานคุณสมบัติในการยับยั้ง (scavenge) และป้องกันการก่อตัวของอนุมูลอิสระบางชนิด

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH อ้างอิงจากวิธีของ Karimi และคณะ (2022) โดยเตรียมสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl) ด้วยการใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายให้อยู่ในรูปของอนุมูลอิสระ DPPH ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 1×10^{-4} โมลาร์ ทำการทดสอบตัวอย่างโดยปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 3 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดี จากนั้นตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบกำหนดนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Hitachi, U-2900, ญี่ปุ่น) เทียบสารละลายควบคุมที่ประกอบด้วย DPPH และเมทานอล การเปอร์เซ็นต์การยับยั้งคำนวณได้จากสมการ

$$\% \text{ Radical scavenging activity} = (\text{OD}_0 - \text{OD}_1) \times 100 / \text{OD}_0$$

เมื่อ OD_0 เท่ากับ ค่าดูดกลืนแสงของสารละลายควบคุม
 OD_1 เท่ากับ ค่าดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP อ้างอิงจาก Benzie และ Strain (1995) โดยเตรียมสารละลาย FRAP reagent โดยการชั่งเพอร์ริคคลอไรด์ 0.054 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร และซิงทีพีทีแซด (TPTZ, 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine) 0.031 กรัม ละลายในกรดไฮโดรคลอริก 10 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แล้วผสมด้วยสารละลายอะซิเตทบัฟเฟอร์ (pH 3) 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร เก็บสารละลายไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบสารตัวอย่างโดยผสมสารตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร กับ สารละลาย FRAP reagent 150 ไมโครลิตร ใน 96 well plate วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร คำนวณความสามารถในการให้อิเล็กตรอน (FRAP value) โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับกราฟมาตรฐานของ Ferrous sulfate (FeSO_4) แสดงค่าในรูปของมิลลิโมลาร์สมมูลย์ของ Fe^{2+} /กรัม (mM Fe^{2+} equivalent/g)

การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบ

การทดสอบความสามารถในการต้านการอักเสบโดยการประเมินฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีเนส (proteinase inhibition assay) ดัดแปลงจากวิธีของ Uthayakumar และ Rupert (2020) โดยผสมสารผสมปฏิกิริยาซึ่งประกอบด้วยทริปซิน (trypsin) ปริมาณ 5 ไมโครกรัม สารละลายเคซีนความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 2 มิลลิลิตร สารละลายโซเดียมอะซิเตทบัฟเฟอร์ 150 ไมโครลิตร และสารละลายตัวอย่าง 850 ไมโครลิตร จากนั้นบ่มสารผสมปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบกำหนด เติมกรดไทรคลอโรอะซิติก ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 4 มิลลิลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยา นำไปปั่นเหวี่ยงตกตะกอนที่ 6000 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 20 นาที แยกส่วนใสเพื่อนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 320 นาโนเมตร โดยใช้สารปฏิกิริยาที่ไม่มีการเติมสารสกัดเห็ดหลินจือ (หรือสิ่งทดสอบ) เป็น control และสารปฏิกิริยาที่ไม่เติมเอนไซม์เป็น blank ทำการทดสอบซ้ำสามครั้ง คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีเนส ดังสมการ

$$\% \text{ Inhibition} = (\text{OD}_0 - \text{OD}_1) \times 100 / \text{OD}_0$$

เมื่อ OD_0 เท่ากับ ค่าดูดกลืนแสงของสารละลายควบคุม
 OD_1 เท่ากับ ค่าดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการทดลองแสดงข้อมูลในรูปของค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และ Turkey's test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในหลอดทดลองเมื่อทดสอบความสามารถในการจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า เครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือที่ใช้ในการศึกษานี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกับสารละลายเห็ดหลินจือ เมื่อมีส่วนผสมของเห็ดหลินจือเป็นส่วนประกอบในเครื่องดื่มปริมาณเท่ากับความเข้มข้นของสารละลายเห็ดหลินจือที่ทำการทดสอบ (ตารางที่ 1) เมื่อพิจารณาค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ (%radical scavenging activity) พบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารสกัดเห็ดหลินจือส่งผลให้ฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สูงขึ้น โดยทั้งเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือ และสารละลายเห็ดหลินจือ ที่ความเข้มข้น 500 ไมโครกรัม มีฤทธิ์ยับยั้งเท่ากับ 51.47 และ 53.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งฤทธิ์ยับยั้งนี้สูงกว่าตัวอย่างทดสอบที่มีความเข้มข้นของสารสกัดเห็ดหลินจือ 300, 200 และ 100 ไมโครกรัม ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (Hossen and Hossain, 2021) ที่รายงานว่า ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดเห็ดหลินจือเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดจากเห็ดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือและสารละลายเห็ดหลินจือกับยาไอบูโพรเฟนซึ่งใช้เป็นยาอ้างอิงในงานวิจัยนี้ พบว่ายาไอบูโพรเฟนมีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH น้อยกว่าเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือและสารละลายเห็ดหลินจือ ที่ทุกความเข้มข้นที่ระดับเท่ากัน

ตารางที่ 1. การเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP ของเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือ สารละลายเห็ดหลินจือ และยาไอบูโพรเฟน

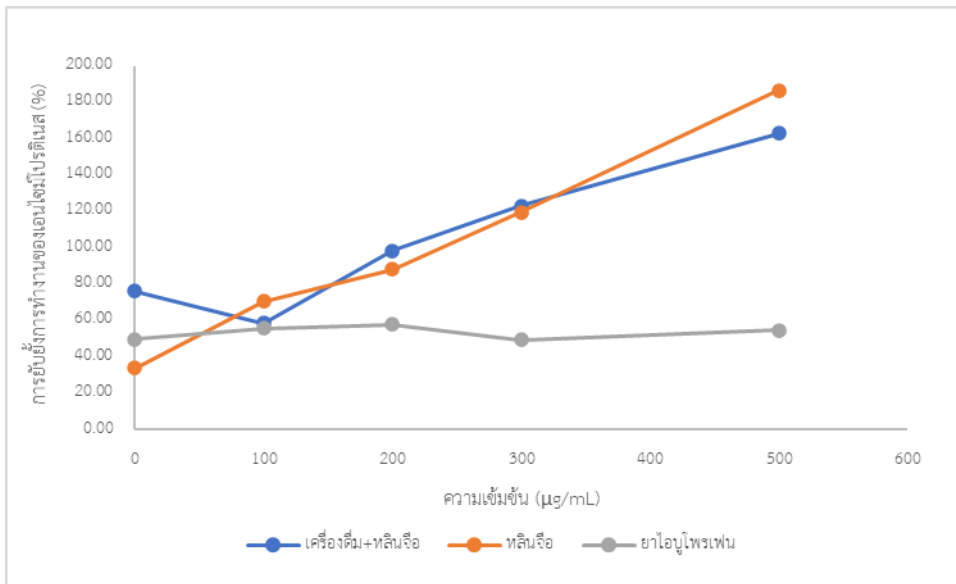
ตัวอย่างทดสอบ	ความเข้มข้น (µg/mL)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ		การยับยั้งการทำงานของโปรตีน (%)
		DPPH (% radical scavenging activity)	FRAP value (µM Fe ²⁺)	
เครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริม	100	43.94±0.00 ^e	49.49±0.00 ^{de}	58.59±0.01 ^{gh}
สารสกัดเห็ดหลินจือ	200	46.64±0.00 ^{fg}	72.80±0.00 ^c	98.31±0.00 ^d
	300	48.32±0.01 ^g	87.74±0.01 ^a	126.63±0.01 ^c
	500	51.47±0.01 ^{hi}	92.69±0.01 ^a	162.89±0.05 ^b
สารละลายสารสกัดเห็ด	100	42.92±0.00 ^e	30.56±0.00 ^g	70.36±0.01 ^{fg}
หลินจือ	200	45.35±0.01 ^{ef}	39.74±0.00 ^f	88.10±0.00 ^{de}
	300	47.17±0.01 ^{fg}	55.25±0.02 ^d	119.52±0.02 ^c
	500	53.77±0.01 ⁱ	78.84±0.01 ^b	186.46±0.01 ^a
ยาไอบูโพรเฟน	100	32.41±0.01 ^c	19.85±0.00 ^{hi}	55.72±0.00 ^{gh}
	200	27.28±0.01 ^b	21.49±0.00 ^{hi}	57.81±0.00 ^{gh}
	300	22.53±0.02 ^a	23.83±0.01 ^{hi}	49.46±0.01 ^h
	500	25.19±0.01 ^b	48.31±0.01 ^e	54.48±0.00 ^h

*ตัวอักษร a, b, c, d, e, f, g, h, i ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

นอกจากนี้พบว่าความสามารถในการให้อิเล็กตรอนเมื่อทดสอบด้วย FRAP assay ของเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือก็สอดคล้องกับผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยค่า FRAP value เพิ่มสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเห็ดหลินจือที่เติมลงไปเครื่องดื่มสูงขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 49.49, 72.80, 87.74 และ 92.69 เรียงจากความเข้มข้นน้อยไปมาก ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบ FRAP value ระหว่างเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือและสารละลายเห็ดหลินจือ ที่ความเข้มข้นของสารสกัดเห็ดหลินจือเท่ากัน เห็นได้ว่าเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าสารละลายเห็ดหลินจือ เนื่องจากค่า FRAP value ที่แสดงถึงความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของเครื่องดื่มสูงกว่าของสารละลายเห็ดหลินจือ ขณะที่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนของยาไอบูโพรเฟน พบว่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือและสารละลายเห็ดหลินจือ

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบในเห็ดหลินจือมีหลากหลายกลุ่ม เช่น โพลีฟีนอล (polyphenol) ไตรเทอร์พีนอยด์ (triterpenoid) และโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) งานวิจัยที่ผ่านมารายงานว่ากรดกาโนเดอริก (ganoderic acid) ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มไตรเทอร์พีนอยด์มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูง (Jiang *et. al.*, 2018) จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดเห็ดหลินจือที่ใช้ในการศึกษานี้พบปริมาณกรดกาโนเดอริกสูง คือ 5.3 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นที่พบปริมาณกรดกาโนเดอริกอยู่ระหว่าง 0.5-3.0 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (Fei *et. al.*, 2019)

เมื่อประเมินคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีนเอสโดยการทดสอบกับเอนไซม์ทริปซิน พบว่าเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้เท่ากับ 58.59, 98.31, 126.63, และ 162.89 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีสารสกัดเห็ดหลินจือเป็นส่วนผสม 100, 200, 300 และ 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ขณะที่สารละลายเห็ดหลินจือมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน เท่ากับ 70.36, 88.10, 119.52 และ 186.46 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้นเช่นเดียวกับเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือ (ตารางที่ 1) จากข้อมูลนี้จึงเห็นว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีนเอสของตัวอย่างทดสอบทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน (แตกต่างกันไม่มีความสำคัญทางสถิติ) ยกเว้นเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเห็ดหลินจือเท่ากับ 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่พบว่าฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีนเอสของสารละลายเห็ดหลินจือสูงกว่าเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือ



รูปที่ 1. การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีนเนสของเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือ สารละลายเห็ดหลินจือ และยาไอบูโพรเฟน

จากกราฟเส้นเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทรिปีซินของตัวอย่างทดสอบแต่ละชนิด ที่ความเข้มข้นต่างๆ แสดงให้เห็นชัดเจนว่าความเข้มข้นของสารสกัดเห็ดหลินจือส่งเสริมความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีนเนส (รูปที่ 1) อย่างไรก็ตามพบว่าความเข้มข้นของยาไอบูโพรเฟนที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีนเนสในการทดสอบครั้งนี้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากอันตรกิริยาระหว่างยาไอบูโพรเฟนกับองค์ประกอบอื่นๆ ที่เป็นส่วนผสมของสารผสมปฏิภาน Stancova และคณะ (2016) ได้ทดสอบผลของการใช้ยาในกลุ่ม NSAIDs ร่วมกันต่อ oxidative stress parameters ซึ่งเป็นเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant enzymes) เช่น glutathione reductase, glutathione peroxidase, glutathione-S-transferase และ and catalase ในปลาหมอ Tench พบว่าการใช้ยาไอบูโพรเฟนร่วมกับยาชนิดอื่นส่งผลให้ประสิทธิภาพลดลง

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและด้านการอักเสบของเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือเปรียบเทียบกับสารละลายของสารสกัดเห็ดหลินจือซึ่งใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย บ่งชี้ว่าส่วนประกอบอื่นที่ใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องดื่มนี้ รวมทั้งขั้นตอนการผลิต ไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดเห็ดหลินจือเมื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผสมคาเฟอีน นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าเครื่องดื่มผสมคาเฟอีนเสริมสารสกัดเห็ดหลินจือและสารสกัดเห็ดหลินจือที่ได้จากงานวิจัยนี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีนเนส ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำหรับการสนับสนุนงบประมาณวิจัย ปีงบประมาณ 2565

อ้างอิง

- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76.
- Collado Mateo, D., Pazzi, F., Domínguez Muñoz, F.J., Martín Martínez, J.P., Olivares, P.R., Gusi, N. & Adsuar, J.C. (2015). *Ganoderma lucidum* improves physical fitness in women with fibromyalgia. *Nutricion Hospitalaria*, 32(5), 2126-2135. <http://doi.org/10.3305/nh.2015.32.5.9601>.
- El Sheikha, A.F. (2022). Nutritional profile and health benefits of *Ganoderma lucidum* "Lingzhi, Reishi, or Mannentake" as functional foods: Current scenario and future perspectives. *Foods*, 11(7), 1030. <http://doi.org/10.3390/foods11071030>.
- Fei, Y., Li, N., Zhang, D. H., & Xu, J. W. (2019). Increased production of ganoderic acids by overexpression of homologous farnesyl diphosphate synthase and kinetic modeling of ganoderic acid production in *Ganoderma lucidum*. *Microbial Cell Factories*, 18(1), 1-9.
- Hossen, S. M. M., & Hossain, M. S. (2021). Phytochemical screening and free radical scavenging activity of seven wild mushrooms growing in University of Chittagong campus. *Journal of Applied Pharmacy*, 13(9), 1-5.
- Jiang, Z. M., Qiu, H. B., Wang, S. Q., Guo, J., Yang, Z. W., & Zhou, S. B. (2018). Ganoderic acid A potentiates the antioxidant effect and protection of mitochondrial membranes and reduces the apoptosis rate in primary hippocampal neurons in magnesium free medium. *Die Pharmazie-An International Journal of Pharmaceutical Sciences*, 73(2), 87-91.
- Karimi, M., Raofie, F. & Karimi, M. (2022). Production *Ganoderma lucidum* extract nanoparticles by expansion of supercritical fluid solution and evaluation of the antioxidant ability. *Scientific Reports*, 12, 9904. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13727-8>.
- Pérez, D. J., Díaz-Reval, M. I., Obledo-Benicio, F., Zakai, U. I., Gómez-Sandoval, Z., Razo-Hernández, R. S., ... & Ramos-Organillo, Á. (2017). Silicon containing ibuprofen derivatives with antioxidant and anti-inflammatory activities: An in vivo and in silico study. *European journal of pharmacology*, 814, 18-27.
- Stancova, V., Plhalova, L., Blahova, J., Zivna, D., Bartoskova, M., Siroka, Z., ... & Svobodova, Z. (2017). Effects of the pharmaceutical contaminants ibuprofen, diclofenac, and carbamazepine alone, and in combination, on oxidative stress parameters in early life stages of tench (*Tinca tinca*). *Veterinární medicína*, 62(2), 90-97.
- Uthayakumar, C., & Rupert, S. (2020). Evaluation of the inhibitory effect of a medicinal herb *Phyllanthus amarus* on the activity of α -amylase, pepsin and trypsin. *Advances in Enzyme Research*, 8(01), 1.

การประเมินความปลอดภัยของเชื้อ *Lactobacillus* Sup 1 แยกจากนมแม่หลังคลอด 2 วัน ด้วยวิธี phenotype และ การวิเคราะห์รหัสพันธุกรรมทั้งจีโนม

สุภัจรี เรืองสมวงศ์^{1*} และ ศรัญญา เหล่าวิทย์ทางกูร²

บทคัดย่อ

Lactobacillus Sup-1 เป็นเชื้อที่แยกจากนมแม่หลังคลอด 2 วัน มีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกที่ดีและช่วยปกป้องเซลล์ RIN-5F จากการถูกทำลายด้วย streptozotocin เพื่อเป็นการเตรียมข้อมูลความปลอดภัยสำหรับการนำเชื้อไปใช้ในมนุษย์ จึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลรหัสพันธุกรรมทั้งหมดร่วมกับการวิเคราะห์ทางพีโนไทป์ การวิเคราะห์รหัสพันธุกรรมทั้งจีโนมทำโดยใช้ ONT และ Illumina MiSeq จากนั้นทำนายที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย ได้แก่ ยีนดีออกซา, ยีนก่อโรค, ยีนสร้างสารพิษ และยีนสร้างสารไม่พึงประสงค์ในจีโนม พบว่า เชื้อนี้ประกอบด้วย โครโมโซมเดี่ยวขนาด 3,270,062 เบส มีค่า GC content เท่ากับ 46.3% ค่า average nucleotide identity บ่งชี้ว่า *Lactobacillus* Sup-1 อยู่ในสปีชีส์ *Lactocaseibacillus paracasei* ไม่พบ พลาสมิด, ยีนดีออกซา, ยีนก่อโรค และยีนที่ถอดรหัสเป็นเอนไซม์ bile salt hydrolase ในจีโนมของเชื้อ พบยีนที่ถอดรหัสเป็น ornithine decarboxylase แต่ไม่พบยีนที่เกี่ยวข้องกับ putrescine transport system ผลการวิเคราะห์ทางพีโนไทป์ พบว่า เชื้อนี้ไม่ย่อยเม็ดเลือดแดง, ไวต่อยาปฏิชีวนะที่ใช้ในการทดสอบเกือบทุกชนิด แต่ดื้อต่อ kanamycin ซึ่งเป็นการดื้อแบบ intrinsic ไม่สามารถถ่ายยีนได้ และสร้างกรด D-lactic. *Lactobacillus* Sup-1 ถูกนำไปฝากเก็บที่ศูนย์เก็บเชื้อจุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ด้วย Accession number TISTR 2593 ผลการทดลองทั้งหมด แสดงว่า *L. paracasei* TISTR 2593 ปลอดภัยต่อการนำไปใช้ในมนุษย์.

คำสำคัญ: Probiotic, whole genome sequence, safety assessment, phenotypic assay

1. นักวิจัย ประจำศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพ (ศคช.), สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), จังหวัดปทุมธานี, 12120.

2. นักวิจัยอาวุโส ประจำศูนย์เชี่ยวชาญชาวนวัตกรรมผลิตภัณฑ์สมุนไพร (คนส.), สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), จังหวัดปทุมธานี, 12120.

1. Research Officer, Biodiversity Research Centre (BRC), Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Pathum Thani, 12120.

2. Senior Research Officer, Expert Centre of Innovative Herbal Products (InnoHerb), Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Pathum Thani 12120.

* Corresponding Author: E-mail supatjaree@tistr.or.th

Safety assessment of *Lactobacillus* Sup-1 isolated from healthy woman's breast milk two days after vaginal delivery

Supatjaree Ruengsomwong^{1*} and Sarunya Laovitthayangoon²

Abstract

Lactobacillus Sup-1, previously isolated from breast milk 2 days after vaginal delivery, possessed good probiotic properties and cytoprotective effect on streptozotocin-exposed pancreatic β cell line (RIN-5F). In order to provide the safety information of this isolate for human use, safety assessment was performed using whole genome analysis and phenotypic assay. The whole genome sequencing by ONT and Illumina MiSeq was done to search for genes related to safety concerns e.g. antibiotic resistance genes, genes encoding virulence factors, toxins and undesirable metabolites. Genome features of *Lactobacillus* Sup-1 had one chromosome of 3,270,062 bp with GC content of 46.3%. The analysis of average nucleotide identity revealed that *Lactobacillus* Sup-1 belonged to *Lacticaseibacillus paracasei*. No plasmid, no antibiotic resistance genes, no gene coding for virulence factors and no genes encoding bile salt hydrolase were detected in the genome. Though gene encoding ornithine decarboxylase was present in the genome, no genes involved in putrescine transport system was identified. In the case of phenotypic assays, this isolate did not lyse red blood cells, produced D-lactic acid and was susceptible to almost all antibiotic tested, except kanamycin. The resistance to kanamycin was intrinsic property which was non transferable. *Lactobacillus* Sup-1 was deposited in Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) culture collection under the accession number TISTR 2593. This finding suggested that *L. paracasei* TISTR 2593 seemed to be safe for human use.

Keywords: Probiotic, whole genome sequence, safety assessment, phenotypic assay

Introduction

Due to their beneficial effects on health, probiotics, live microorganisms conferring health benefit to the host when administered in sufficient amount (FAO and WHO, 2002), have been widely applied as ingredients in functional foods and dietary supplements. Regarding the Innovative Center for Production of Industrially Used Microorganisms (ICPIM), Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), we have set up the probiotic bank with the aim to collect and conserve local probiotics for commercial uses. Extensive isolation of effective probiotics has been done from various sample sources in Thailand. *Lactobacillus* Sup-1 was isolated from healthy woman's breast milk two days after vaginal delivery at Thammasat university hospital. This isolate was proven to possess probiotic properties including resistance to simulated gastric juice and simulated small intestinal juice, and adherence to the Caco-2 and HT-29 human colon cell lines. *Lactobacillus* Sup-1 also exhibited strong antibacterial activity against *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Escherichia coli*, *Salmonella* Typhimurium, *S. Enteritidis*, *Listeria monocytogenes*, *Streptococcus mutans* and *S. sobrinus* (Wannissorn et al., 2019). Additionally, *Lactobacillus* Sup 1 prevented Streptozotocin (STZ)- induced cytotoxicity in insulin-secreting rat pancreatic cells (RIN-5F) *in vitro* (Laovitthayangoon et al., 2022). Apart from the efficacy, safety of probiotics is also an essential characteristic that must be evaluated prior to use in human. In this study, *Lactobacillus* Sup-1 was assessed for its safety using phenotypic method and whole genome based analysis.

Materials and Methods

1. Bacterium and growth conditions

Lactobacillus Sup-1 was grown in de Man, Rogosa and Sharpe (MRS) medium (Merck, Darmstadt, Germany) pH 6.8 supplemented with 0.05% L-cysteine HCl (Merck, Germany). Incubation was carried out anaerobically in an anaerobic jar (Thermo Scientific™, Lenexa KS, USA) containing an AnaeroPack® (MCG, Tokyo, Japan) at 37 °C for 24–48 h.

2. Safety assessment using whole genome sequences

2.1. Extraction of total DNA: Genomic DNA was extracted from the pellet of *Lactobacillus* Sup-1 anaerobically grown in MRS broth pH 6.8 containing 0.2% glycine (w/v) using Wizard Genomic DNA Purification Kit (Promega Corporation, WI, USA) following the manufacturer's protocol. Plasmid DNA was extracted using QIAprep Spin Miniprep kit (QIAGEN, Hilden, Germany) following the manufacturer's protocol.

2.2. Whole genome sequencing and genome assembly: Long read sequencing was performed at Novogene AIT Genomic Singapore Pte., (Singapore) using Rapid sequencing kit, MinION™ device, Oxford Nanopore Technologies (ONT), UK while short read sequencing was carried out on Illumina MiSeq paired end (250x2) (Illumina, Inc., USA) by Omics Science and Bioinformatics Center, Chulalongkorn University (Thailand). The good quality reads were assembled by hybrid assembly mode of Unicycler v0.4.8 (Wick et al., 2017). The genomes were quality checked using default settings in QUAST, version 5.0.2 (Gurevich et al.,

2013). The gene prediction and computational annotation of protein-coding genes were performed using DFAST v1.2.6 with default parameters (Tanizawa et al., 2018).

2.3. Species identification: The presumptive species identification was done using 16S rRNA gene sequences. The sequences from all 16S rRNA gene copies were compared to each other using Clustal Omega multiple sequence alignment tool. The similarities of the 16S rRNA genes were compared to the NCBI's 16S ribosomal RNA from curated type strain sequences from bacteria and archaea database. The average nucleotide identity (ANI) to the type strains of the presumptive and closely related species were identified using JSpeciesWS (Richter et al., 2016). The ANI value above 95% was used as the criterion for species identification.

2.4. Identification of antimicrobial resistance (AMR) genes: Genes related to known antimicrobial resistance were identified using ResFinder 4.1 software (Florensa et al., 2022). Association of the AMR genes with two mobile elements including plasmids and prophages were identified. The existence and location of prophages in the genome were identified using the Phage Search Tool Enhanced Release PHASTER (Arndt et al., 2016).

2.5. Identification of genes coding for virulence factor, toxins and undesirable metabolites: Genes related to known bacterial toxins, the production of biogenic amines, and D-lactic acid were identified using the Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes: KEGG database (Kanehisa et al. 2016).

3. Safety assessment using phenotypic method

3.1. Antibiotic Susceptibility: Eight types of antibiotic including ampicillin, chloramphenicol, tetracycline, erythromycin, gentamicin, kanamycin, streptomycin and clindamycin were used to determine minimal inhibitory concentrations (MICs) using MIC test strips (Liofilchem, Italy) following the manufacturer's instructions. Briefly, *Lactobacillus* Sup-1 inoculum was prepared by direct colony suspension of 48 h-old culture in normal saline solution (0.85% NaCl). Turbidity of the suspension was adjusted to match that of a 0.5 McFarland standard. After applying the inoculum over the surface of 25 mL Hi-sensitive agar plate (Himedia, India) by cotton swabs, each antibiotic strip was gently placed on the inoculated plates. Incubation was performed anaerobically at 37°C for 24 h. After incubation, the MIC value for each antibiotic was read and compared to the EFSA microbiological cut-off values. MIC values higher than the microbiological cut-off values indicated resistance.

3.2. Hemolytic activity: *Lactobacillus* Sup-1 was streaked on BHI agar (Merck, Germany) supplemented with 5% sheep blood. *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 was used as a positive control. After anaerobic incubation at 37°C for 24 h, hemolytic zones around the colonies were observed and reported as α -hemolysis (green halo), β -hemolysis (clear halo) or γ -hemolysis (no zone, no change in color).

3.3 Determination of D-lactic acid L-lactic acid: Supernatant of the overnight culture of *Lactobacillus* Sup-1 was used for quantifying L- and D- lactate using D-/L-Lactic Acid (D-/L-Lactate) (Rapid) Assay Kit according to the manual provided by manufacturer (Megazyme, Bray, Ireland).

Results

1. Genome characteristics of *Lactobacillus* Sup-1: The complete genome of *Lactobacillus* Sup-1 was shown to harbor a single circular chromosome without plasmid. The genome size was 3,270,062 bp with GC content of 46.3%, 3,104 coding sequences (CDS), 15 rRNA genes and 58 tRNA genes. No CRISPRs genes was detected.

2. Species identification: *Lactobacillus* Sup-1 had 5 copies of 16S rRNA gene with 99.73-100% identity to each other. The full 16S rRNA genes (1,566 nt) exhibited the highest similarity (97.52-98.54%) to those of *Lacticaseibacillus paracasei* JCM 8130^T. With the 95% ANI cut-off threshold, the strain was concluded to belong to the species *Lacticaseibacillus paracasei*. This bacterium has been deposited in TISTR culture collection as *Lacticaseibacillus paracasei* with the accession number TISTR 2593.

3. Identification of genes related to safety concern:

3.1 Toxin encoding genes: The genome of *Lactobacillus* Sup-1 contained two genes identified as pore-forming bacterial toxins, *tlyC* and *hlyIII* (Table 1). Both *tlyC* and *hlyIII* genes were widespread in *Lactobacillus*, including GRAS *L. plantarum* 299V. Phenotypic hemolysis assay indicated that *Lactobacillus* Sup-1 had no hemolytic activity (Figure 1). Hence, the presence of these genes in *Lactobacillus* Sup-1 genome was not of safety concern.

Table 1. Predicted toxin encoding genes in *Lactobacillus* Sup-1 genome.

KO	Detail	Gene ID
K03699	<i>tlyC</i> ; magnesium and cobalt exporter, CNM family	MGA_1016, MGA_1986
K11068	<i>hlyIII</i> ; hemolysin III	MGA_892
K11041	<i>efa</i> ; exfoliative toxin A/B	MG_2767

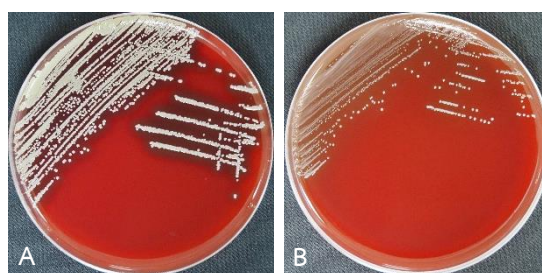


Figure 1. β hemolytic activity by *S. aureus* ATCC 6538 (A) compared to γ -hemolysis by TISTR 2593 (B).

In addition, the genome also contained a gene encoding exfoliative toxin, a main causative agents of staphylococcal scalded skin syndrome (SSSS) in infants and young children. To the best of our knowledge, there have been no case report on SSSS causing by *L. paracasei* so far implying that *efa* gene may not play a role as a virulence factor in this case. However, the actual function of *efa* in *Lactobacillus* Sup-1 should be further investigated.

3.2. Genes related to biogenic amines production: The genome contained a gene encoding ornithine decarboxylase, indicating the ability to produce putrescine from ornithine (Table 2). However, no genes

related to putrescine transport systems was identified. Therefore, even the putrescine was produced, it could not be exported outside the bacterial cells. Though putrescine is one of biogenic amines responsible for poisoning (Santos, 1996) the presence of the gene encoding ornithine decarboxylase in *Lactobacillus* Sup-1 was not of safety concern.

Table 2. Predicted putrescine encoding genes in *Lactobacillus* Sup-1 genome.

EC No.	Detail	Function	Gene ID
4.1.1.17	Ornithine decarboxylase	ornithine → putrescine	MGA_1723

3.3. D-Lactic acid encoding genes: This strain harbored two copies of putative gene encoding D-lactate dehydrogenase (Table 3) indicating the ability of *Lactobacillus* Sup-1 to produce D-lactic acid. Quantification of D- and L- lactic acid in the supernatant of *Lactobacillus* Sup-1 showed that it produced solely D-lactic acid.

Results from clinical studies conducted with healthy volunteers, immunocompromised adults, children, and infants demonstrated that administering probiotic bacteria that produce D-Lactic acid were safe without adverse effects (Bianchetti et al., 2018, Łukasik et al., 2018). The only known cases of D-lactic acidosis occurred in patients with short bowel syndrome (Kowlgi & Chhabra 2015). Therefore, the D-lactic acid-producing strain should be used with cautions in people who have short bowel syndrome.

Table 3. Putative genes involved in lactic acids production in *Lactobacillus* Sup-1 genome.

EC No.	Enzyme name	Function	Gene ID
5.1.2.1	lactate racemase	D-lactate <--> L-lactate	Not detected
1.1.1.28	D-lactate dehydrogenase	Pyruvate <--> D-lactate	MGA_156, MGA_2226

3.4. AMR genes: None of AMR genes were identified by Res Finder 4.1 (with the default settings: 90% threshold and 60% minimum length). By determining MIC values and comparing with EFSA microbiological cut off values, *Lactobacillus* Sup-1 showed susceptibility to ampicillin, chloramphenicol, vancomycin, tetracycline, erythromycin, gentamicin, streptomycin and clindamycin but not kanamycin (Table 4). The resistance to kanamycin in this case might be intrinsic resistance (Campedelli et al., 2019).

Table 4. MIC values for TISTR 2593 determined by MIC strips.

Types of antibiotic	MIC values (µg/mL)	
	<i>Lactobacillus</i> Sup-1	EFSA microbiological cut-off
ampicillin	0.38 (sensitive)	2
chloramphenicol	3 (sensitive)	4
clindamycin	0.38 (sensitive)	4
tetracycline	3 (sensitive)	32
erythromycin	0.38 (sensitive)	1

gentamicin	6 (sensitive)	8
kanamycin	>64 (resistant)	64
streptomycin	32 (sensitive)	64

Searching for prophage sequences in *Lactobacillus* Sup-1 genome revealed eight prophage regions, including 5 questionable prophages, 2 incomplete prophages and 1 intact prophage. None of the AMR genes were found on any prophage regions. As a consequence, phenotypic kanamycin resistance of TISTR 2763 was not a safety concern.

3.5. Genes involved in bile salt deconjugation: No gene encoding choloylglycine hydrolase (synonyms: bile salt hydrolase, BSH) was found in the genome.

Conclusion

Based on the results obtained from whole genome analysis together with phenotypic assays, safety of *Lactobacillus* Sup-1 was assessed. No genes encoding deleterious toxins, virulence factors and bile salt hydrolase were detected. The phenotypic kanamycin resistance of Sup-1 was intrinsic since no kanamycin resistance gene was identified in the genome. The presence of gene encoding D-lactate dehydrogenase and gene coding for ornithine decarboxylase in *Lactobacillus* Sup-1 genome are not a safety of concern. The average nucleotide identity analysis confirmed that *Lactobacillus* Sup-1 belonged to *Lacticaseibacillus paracasei*. This strain was deposited in TISTR culture collection under accession number TISTR 2593. Altogether, *L. paracasei* TISTR 2593 seemed to be safe. This works provided useful information which could be used as the supporting documents for registration of probiotic and probiotic products for human use for future works.

References

- Arndt, D., Grant, J.R., Marcu, A., Sajed, T., Pon, A., Liang, Y., et al. (2016). PHASTER: a better, faster version of the PHAST phage search tool. *Nucleic Acids Res* 44, W16- W21. <https://doi:10.1093/nar/gkw387>.
- Bianchetti, D.G.A.M., Amelio, G.S., Lava, S.A.G., Bianchetti, M.G., Giacomo, D., Simonetti, G.D., & Agostoni, C. (2018). D-lactic acidosis in humans: systematic literature review. *Pediatric Nephrology*. 33:673-681. <https://doi:10.1007/s00467-017-3844-8>.
- Campedelli, I., Mathur, H., Salvetti, E., Clarke, S., Rea, M.C., Torriani, S., Ross, R.P., Hill, C., O'Toole, P.W. (2019). Genus-wide assessment of antibiotic resistance in *Lactobacillus* spp. *Appl Environ Microbiol* [online]. 85: e01738-18. <https://doi.org/10.1128/AEM.01738-18>.
- FAO/WHO. 2002. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Report of a Joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. [online]. Available at: <ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/wgreport2.pdf>. [accessed 20 April 2022].
- Florensa, A.F., Kaa, R.S., Clausen, P.T.L.C., Aytan-Aktug, D., & Aarestrup, F.M. (2022). ResFinder – an open online resource for identification of antimicrobial resistance genes in next-generation sequencing

- data and prediction of phenotypes from genotypes. *Microbial Genomics* 8(1), 000748. <https://doi:10.1099/mgen.0.000748>.
- Gurevich, A., Saveliev, V., Vyahhi, N. & Tesler, G. (2013). QUASt: quality assessment tool for genome assemblies. *Bioinformatics* 29, 1072-1075. <https://doi:10.1093/bioinformatics/btt086>.
- Kanehisa, M., Sato, Y., & Morishima, K. (2016). BlastKOALA and GhostKOALA: KEGG Tools for Functional Characterization of Genome and Metagenome Sequences. *J Mol Biol* 428, 726-731, <https://doi:10.1016/j.jmb.2015.11.006>.
- Kowligi, N.G. & Chhabra, L. (2015). D-Lactic Acidosis: An underrecognized complication of short bowel syndrome. *Gastroenterol Res Pract* 2015, Article ID 476215 <http://dx.doi.org/10.1155/2015/476215>
- Laovithayangoon, S., Ruengsomwong, S., Klungsupya, P., & Pinnak, N. (2022). *Cytoprotective effect of TISTR probiotic strains on streptozotocin-exposed pancreatic β cell line (RIN-5F) by MTT assay*. [paper presentation]. International Conference on Nutrition and Physical Activity in ageing, obesity and cancer (NAPA 2022), Chaingmai, Thailand.
- Lukasik, J., Salminen, S., & Szajewska, H. (2018). Rapid review shows that probiotics and fermented infant formulas do not cause d-lactic acidosis in healthy children. *Acta Paediatr* 107(8), 1322-1326. <https://doi:10.1111/apa.14338>.
- Richter, M., Rosselló-Móra, R., Oliver Glöckner, F., & Peplies, J. (2016). JSpeciesWS: A web server for prokaryotic species circumscription based on pairwise genome comparison. *Bioinformatics* 32, 929-931. <https://doi:10.1093/bioinformatics/btv681>.
- Santos, S. 1996. Biogenic amines: their importance in foods. *Int J Food Microbiol* 29, 213-231. [https://doi:10.1016/0168-1605\(95\)00032-1](https://doi:10.1016/0168-1605(95)00032-1).
- Tanizawa, Y., Fujisawa, T. & Nakamura, Y. (2018). DFAST: a flexible prokaryotic genome annotation pipeline for faster genome publication. *Bioinformatics* 34, 1037-1039. <https://doi:10.1093/bioinformatics/btx713>.
- Wannissorn, B., Klungsupaya, P., Ruengsomwong, S., Taveetheptaikul, P., Thanchanock, M., & Chatanon, L. (2019). *Final Report on Research Project No. FS.62-07 Establishment of Innovative Center for Production of Industrially Used Microorganisms*. Thailand Institute of Scientific and Technological Research: Pathum Thani, Thailand.
- Wick, R. R., Judd, L. M., Gorrie, C. L. & Holt, K. E. (2017). Unicycler: Resolving bacterial genome assemblies from short and long sequencing reads. *PLoS Computational Biology* 13, e1005595-e1005595, <https://doi:10.1371/journal.pcbi.1005595>.

การสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือใช้หน่อไม้ฝรั่ง

วิมลศรี พรรณประเทศ^{1*} ฐิตินันท์ คุณเกียรติ² นพมาศ จารย์คำมา³ โสภิตา นุ่มอยู่⁴ และทิพรัตน์ อ่วมสุข⁵

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือใช้หน่อไม้ฝรั่ง ผลการศึกษาพบว่าการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซท มีขั้นตอนดังนี้ วัตถุดิบผงหน่อไม้ฝรั่งอบแห้ง สกัดโปรตีนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 N อัตราส่วนของสารละลายต่อผงหน่อไม้ฝรั่งแห้ง เท่ากับ 1:10 โดยน้ำหนัก สกัดที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง (pH) 10-11 อุณหภูมิ 25-30 °C และระยะเวลา 60 นาที ได้เป็นตะกอนโปรตีน จากนั้นย่อยหรือไฮโดรไลซ์ตะกอนโปรตีนที่ได้ด้วยเอนไซม์อัลคาเลส (Alcalase) ปริมาตรร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 60-65 °C ระยะเวลา 90 นาที ได้เป็นสารละลายโปรตีนไฮโดรไลเซท ร้อยละระดับการย่อยสลาย (% Degree of hydrolysis) เท่ากับ 5-6 และทำแห้งสารสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทด้วยกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) ด้วยสภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิ 40-45 °C และระยะเวลา 40-50 ชั่วโมง ได้ผงแห้งโปรตีนไฮโดรไลเซทมีร้อยละผลผลิต (% Yield) เท่ากับ 13-15 ร้อยละปริมาณโปรตีน (% Protein) เท่ากับ 28-30 และร้อยละปริมาณโปรตีนรีคัพเวอรี (%Protein recovery) เท่ากับ 5-6 ผงโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือใช้หน่อไม้ฝรั่งประกอบด้วยกรดอะมิโนหลัก ได้แก่ กรดกลูตามิก (Glutamic acid) กรดแอสพาทิก (Aspartic acid) อลานีน (Alanine) และ ไกลซีน (Glycine) ในปริมาณ 4,371, 3,759, 1,484 และ 1,026 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ สารสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษหน่อไม้ฝรั่งสามารถนำไปประยุกต์ต่อยอดใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไปได้

คำสำคัญ: โปรตีนไฮโดรไลเซท, หน่อไม้ฝรั่ง, ระดับการย่อยสลาย, กรดอะมิโน

^{1*,3}นักวิจัย, ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) จังหวัดปทุมธานี 12120

²ผู้ช่วยนักวิจัย, ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) จังหวัดปทุมธานี 12120

^{4,5}นักศึกษาระดับปริญญาตรี, คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี 12120

^{1*,3}Researcher, Expert Centre of Innovative Health Food (InnoFood) Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) Pathum Thani 12120

²Research Assistant, Expert Centre of Innovative Health Food (InnoFood) Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) Pathum Thani 12120

^{4,5}Co-operative Education Undergraduate, Faculty of Agricultural Technology Valaya Alongkorn Rajabhat University Pathum Thani 12120

Extraction technology for hydrolysate protein from the asparagus waste

Wimonsri Phantanaprates^{1*} Thitinan Khunkiet² Noppamas Chankamma³

Sophida Numyoo⁴ และ Thipparat Aumsook⁵

Abstract

The purpose of this study was to investigate the extraction technology for hydrolysate protein from the asparagus waste. The steps in the process are as follows: The dried asparagus was ground into powder, and the protein was extracted using a 0.1 N sodium hydroxide (NaOH) solution with a raw material to solvent ratio of 1:10 by weight. The extraction conditions were pH 10-11 at 25-30°C for 60 minutes. The protein sludge was then digested or hydrolyzed with the enzyme Alcalase 1% by weight at 60-65 °C for 90 minutes, yielding a protein hydrolysate solution with a degree of hydrolysis of 5-6%. The protein hydrolysate was freeze dried at 40-45 °C for 40-50 hours, yielding 13-15% of the protein content. Protein recovery was 5-6% and protein content was 28-30%. The hydrolysate protein powder derived from asparagus contained amino acids such as glutamic acid, aspartic acid, alanine, and glycine in amounts of 4,371, 3,759, 1,484, and 1,026 mg per 100 g, respectively. The protein hydrolysate produced by the use of asparagus can be used in the food industry.

Keywords: Hydrolysate protein, Asparagus, Degree of hydrolysis, Amino acid

บทนำ

หน่อไม้ฝรั่ง (*Asparagus officinalis* L.) เป็นพืชผักที่นิยมปลูกกันมากในประเทศไทย เป็นพืชผักที่มีราคาดี มีความต้องการในตลาดสูง ผลผลิตส่วนใหญ่ถูกส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ อาทิ ญี่ปุ่น ไต้หวัน และยุโรป มีมูลค่าการส่งออกโดยประมาณมากกว่า 1,000 ล้านบาทต่อปี และมีแนวโน้มการผลิตที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่การเพาะปลูกหน่อไม้ฝรั่งมากกว่า 9,200 ไร่ มีผลผลิตมากกว่า 9,500 ตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) และพบว่ามีหน่อไม้ฝรั่งที่ไม่ผ่านการคัดขนาด เหลือจากการตัดแต่ง ปริมาณเศษเหลือใช้รวมถึงผลผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน (เกรดต่ำ/ตกเกรด) มีมากกว่า 1,800 ตันต่อปี ข้อมูลจากเอกสารงานวิจัย พบว่า หน่อไม้ฝรั่งปริมาณ 100 กรัม ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต 2% , โปรตีน 11% , ใยอาหาร 12% และไขมัน 1% โดยประมาณ (Chitrakar et al., 2019) โดยพบว่าโปรตีนของหน่อไม้ฝรั่ง ประกอบด้วยกรดอะมิโน (amino acid) มากถึง 18 ชนิด โดยมีกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid) ครบทั้ง 10 ชนิด (Slupski et al., 2010) ดังนั้นหน่อไม้ฝรั่งจึงจัดเป็นแหล่งอาหารกลุ่มที่มีโปรตีนสูงและโปรตีนมีคุณภาพดี นอกจากนี้กรดอะมิโนชนิดที่พบในหน่อไม้ฝรั่งยังเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญของสารกลูตาไธโอน (glutathione) สารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงอีกด้วย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือใช้หน่อไม้ฝรั่งด้วยตัวทำละลายและ/หรือเอนไซม์ ด้วยสภาวะการผลิตที่เหมาะสม เพื่อให้ได้เป็นสารโปรตีนไฮโดรไลเซตที่สกัดจากพืชธรรมชาติ สำหรับการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือใช้หน่อไม้ฝรั่งในระดับห้องปฏิบัติการ วัตถุประสงค์ตั้งต้น ได้แก่ ผงหน่อไม้ฝรั่ง (ผงหน่อไม้ฝรั่งผลิตจากเศษเหลือใช้หน่อไม้ฝรั่ง อบแห้งและบดให้เป็นผงละเอียด) ผงหน่อไม้ฝรั่งมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 การวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

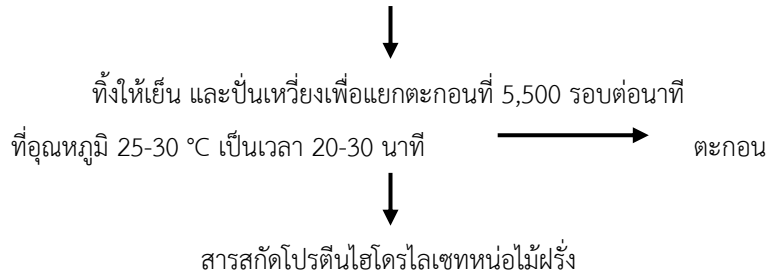
1. ศึกษากระบวนการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือใช้หน่อไม้ฝรั่ง

1.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตจากหน่อไม้ฝรั่งด้วยเอนไซม์อัลคาเลส (Alcalase) โดยแปรปัจจัย ดังนี้ (1) ปริมาณเอนไซม์อัลคาเลสต่อน้ำหนักผงหน่อไม้ฝรั่ง 3 ระดับ คือ 0.5, 1.0 และ 1.5 % (v/w) และ (2) ระยะเวลาในการสกัด 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 นาที วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design ชุดการทดลองละ 2 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของแต่ละชุดการทดลองโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ประเมินสภาวะการสกัดที่เหมาะสมโดยนำสารสกัดโปรตีนหน่อไม้ฝรั่งไปวิเคราะห์เพื่อวัดปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Lowry (ดัดแปลงจาก Lowry et al., 1951) คำนวณร้อยละปริมาณโปรตีน (% Protein) ร้อยละปริมาณโปรตีนรีคัฟเวอรี (%Protein recovery) และร้อยละการย่อยสลาย (% Degree of hydrolysis) กระบวนการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตจากหน่อไม้ด้วยเอนไซม์อัลคาเลส มีดังนี้

นำผงหน่อไม้ฝรั่ง 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร (1:10, น้ำหนักแห้ง:น้ำหนักเปียก)
ปรับ pH ให้เป็น 8.0 ด้วย 0.1 N NaOH เติมสารละลายเอนไซม์ความเข้มข้น 0.5, 1 และ 1.5 %v/w

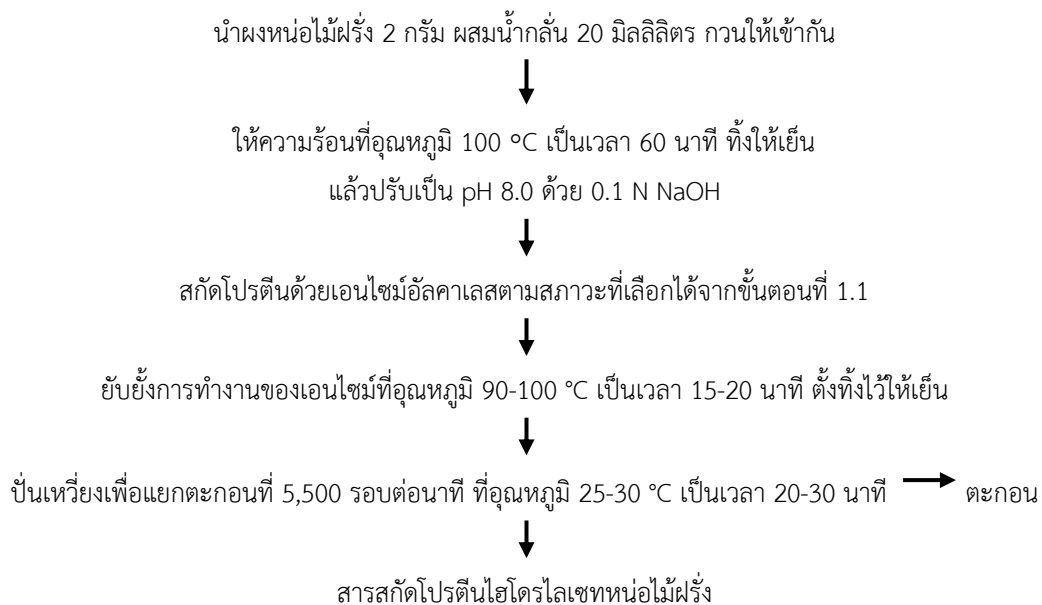


ย่อยสลายที่อุณหภูมิ 60-65 °C ด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 60, 90 และ 120 นาที เขย่าตัวอย่างเป็นระยะ
ครบเวลาให้ความร้อนที่ 90-100 °C เวลา 15-20 นาที ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์

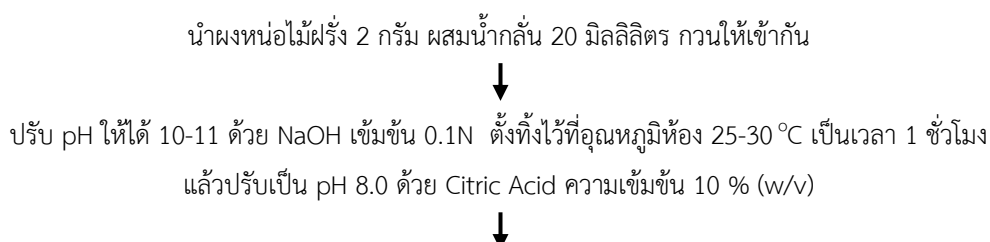


1.2 ศึกษาการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากหน่อไม้ฝรั่งด้วยวิธีทางกายภาพ และเคมีร่วมกับการสกัดโปรตีนด้วย
เอนไซม์อัลคาเลส ที่เหมาะสม จากการศึกษาสภาวะการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากหน่อไม้ฝรั่งด้วยเอนไซม์อัลคาเลสที่
เหมาะสมในขั้นตอนที่ 1.1 จะถูกเลือกมาศึกษาเกี่ยวกับการสกัดโปรตีน 2 วิธีคือ

(1) ใช้ความร้อนร่วมกับเอนไซม์อัลคาเลสในการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากหน่อไม้ฝรั่ง ก่อนการสกัด
โปรตีนไฮโดรไลเซทจากหน่อไม้ฝรั่งด้วยเอนไซม์อัลคาเลส สารละลายหน่อไม้ฝรั่งจะถูกนำไปให้ความร้อนที่ 90-100 °C
เป็นเวลา 60-90 นาที ก่อนนำไปสกัดด้วยเอนไซม์ โดยมีกระบวนการดังนี้



(2) ใช้ต่างร่วมกับเอนไซม์อัลคาเลสในการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากหน่อไม้ฝรั่ง ก่อนการสกัดโปรตีนไฮโดรไล
เซทจากหน่อไม้ฝรั่งด้วยเอนไซม์อัลคาเลส สารละลายหน่อไม้ฝรั่งจะถูกนำไปปรับ pH 10-11 ด้วย NaOH 0.1N ที่อุณหภูมิ
25-30 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปสกัดด้วยเอนไซม์ โดยมีกระบวนการดังนี้



สกัดโปรตีนด้วยเอนไซม์อัลคาเลสตามสภาวะที่เลือกได้จากขั้นตอนที่ 1.1



ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 15-20 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น



ปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนที่ 5,500 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25-30 °C เป็นเวลา 20 นาที → ตะกอน



สารสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทหน่อไม้ฝรั่ง

การศึกษาหาวิธีการร่วมในการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทร่วมกับเอนไซม์ที่เหมาะสม วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของแต่ละชุดการทดลองโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ประเมินสภาวะการสกัดที่เหมาะสมโดยนำสารสกัดไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Lowry (ดัดแปลงจาก Lowry et al. ,1951) ประเมินสภาวะการสกัดที่เหมาะสมโดยนำสารสกัดโปรตีนหน่อไม้ฝรั่งไปวิเคราะห์เพื่อวัดปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Lowry (ดัดแปลงจาก Lowry et al. ,1951) คำนวณร้อยละปริมาณโปรตีน (% Protein) ร้อยละผลผลิต (%Yield) ร้อยละปริมาณโปรตีนรีคัพเวอรี (%Protein recovery) และร้อยละระดับการย่อยสลาย (% Degree of hydrolysis) ดังสมการ

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{โปรตีนไฮโดรไลเซทที่สกัดได้}}{\text{น้ำหนักผงหน่อไม้ฝรั่งเริ่มต้น}} \times 100, \quad \% \text{ Protein recovery} = \frac{\text{โปรตีนไฮโดรไลเซทที่สกัดได้}}{\text{โปรตีนทั้งหมด}} \times 100$$

$$\% \text{ Degree of hydrolysis} = \frac{\text{ปริมาณโปรตีนหลังจากตกตะกอนด้วย TCA}}{\text{ปริมาณโปรตีนทั้งหมด}} \times 100$$

ทำแห้งสารสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษหน่อไม้ฝรั่งที่ได้จากการทดลองข้อ 1.1 และ 1.2 ด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Drying) กระบวนการดังนี้ นำสารสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซท ใส่ลงในภาชนะบรรจุ (ถาดหรือถ้วยที่ทนความเย็นสำหรับแช่แข็ง) แล้วนำสารสกัดแช่แข็งในตู้แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -45 ± 3 °C เป็นเวลา 20-24 ชั่วโมง จากนั้นทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง BUCHI รุ่น L-200 ภายใต้สภาวะสุญญากาศที่ความดัน 0.5 ± 0.1 มิลลิบาร์ และอุณหภูมิ $40-45$ °C เป็นเวลา 40-50 ชั่วโมง จะได้เป็นโปรตีนไฮโดรไลเซทแห้ง นำมาบดให้เป็นผงละเอียด เก็บรักษาโดยบรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ปิดผนึกให้สนิท และเก็บที่อุณหภูมิ $4-10$ °C สำหรับการตรวจวิเคราะห์ต่อไป

2. ตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือใช้หน่อไม้ฝรั่ง

นำผงโปรตีนไฮโดรไลเซทจากหน่อไม้ฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มาวิเคราะห์ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Water Activity: a_w) ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน และปริมาณกรดอะมิโน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือใช้หน่อไม้ฝรั่ง

1.1 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากหน่อไม้ฝรั่งด้วยเอนไซม์อัลคาเลส โดยศึกษาแปรปัจจัยของสภาวะการสกัดโปรตีนจากหน่อไม้ฝรั่ง ดังนี้ (1) ปริมาณของเอนไซม์ต่อตัวอย่างหน่อไม้ฝรั่ง 3 ระดับ คือ 0.5, 1.0 และ 1.5% (v/w) (2) ระยะเวลาในการสกัดด้วยเอนไซม์ 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 นาที

ตารางที่ 1 ผลของสภาวะการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากผงหน่อไม้ฝรั่งต่อปริมาณโปรตีน ร้อยละปริมาณโปรตีน (% Protein) ร้อยละปริมาณโปรตีนรีคัฟเวอรี (%Protein recovery) และร้อยละระดับการย่อยสลาย (% Degree of hydrolysis , DH)

สภาวะการสกัด	ปริมาณโปรตีน (% Protein) ^{ns}	%Yield ^{ns}	%Protein recovery ^{ns}	%DH
0.5% 60 นาที.	17.01 ± 0.15	7.23 ± 0.07	3.30 ± 0.07	3.95 ^c ± 0.15
0.5% 90 นาที	20.67 ± 0.93	8.79 ± 0.40	4.01 ± 0.40	3.69 ^e ± 0.15
0.5% 120 นาที	21.42 ± 1.99	9.10 ± 0.84	4.15 ± 0.84	3.61 ^f ± 0.00
1.0% 60 นาที	20.58 ± 0.82	8.75 ± 0.35	3.99 ± 0.35	4.04 ^b ± 0.01
1.0% 90 นาที	23.15 ± 2.07	9.84 ± 0.88	4.49 ± 0.88	4.06 ^b ± 0.00
1.0% 120 นาที	20.46 ± 0.60	8.70 ± 0.25	3.97 ± 0.25	3.81 ^d ± 0.00
1.5% 60 นาที	22.58 ± 1.46	9.59 ± 0.62	4.38 ± 0.62	3.66 ^e ± 0.05
1.5% 90 นาที	22.38 ± 0.12	9.51 ± 0.05	4.34 ± 0.05	4.53 ^a ± 0.01
1.5% 120 นาที	21.48 ± 1.87	9.13 ± 0.79	4.16 ± 0.79	3.83 ^d ± 0.02

หมายเหตุ: ^{a, b} และ ^c ที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากผงหน่อไม้ฝรั่งทั้งต้นด้วยเอนไซม์อัลคาเลส พบว่าความเข้มข้นของเอนไซม์ (0.5-1.5%) และระยะเวลาการสกัดด้วยเอนไซม์ (60-120 นาที) ไม่มีอิทธิพลร่วมต่อปริมาณโปรตีนในสารสกัด %Yield และ %Protein Recovery แต่มีอิทธิพลต่อ %DH ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาการสกัดด้วยเอนไซม์ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน จึงพิจารณาปัจจัยหลักของความเข้มข้นเอนไซม์ และระยะเวลาการสกัดด้วยเอนไซม์ที่มีผลต่อปริมาณโปรตีน %Yield %Protein Recovery และ % DH ข้อมูลดังตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลความเข้มข้นของเอนไซม์อัลคาเลสต่อการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากผงหน่อไม้ฝรั่งทั้งต้น

ความเข้มข้น/ปริมาณเอนไซม์ (%v/w)	ปริมาณโปรตีน (% Protein)	%Yield	%Protein Recovery	%DH
0.5	19.70 ^b ± 2.33	8.37 ^b ± 0.99	3.82 ^b ± 0.45	3.75 ^c ± 0.16
1.0	21.40 ^{ab} ± 1.71	9.09 ^{ab} ± 0.73	4.15 ^{ab} ± 0.33	3.97 ^b ± 0.12
1.5	22.15 ^a ± 1.18	9.41 ^a ± 0.50	4.29 ^a ± 0.23	4.01 ^a ± 0.41

หมายเหตุ: ^{a, b} และ ^c ที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นเอนไซม์อัลคาเลส มีผลต่อปริมาณโปรตีน %Yield %Protein Recovery และ % DH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยพบว่าการใช้ความเข้มข้นเอนไซม์ 1.5% (v/w) ทำให้ได้สารสกัดมีปริมาณโปรตีน 22.15 % มี %Yield และ %Protein Recovery เท่ากับ 9.41% และ 4.29% ซึ่งสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) กับการใช้เอนไซม์ที่มีความเข้มข้น 1.0% (v/w) ที่ให้สารสกัดมีปริมาณโปรตีน 21.40 % มี %Yield และ %Protein Recovery เท่ากับ 9.09 % และ 4.15 % ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลของระยะเวลาการสกัดด้วยเอนไซม์ต่อการสกัดโปรตีนจากผงหน่อไม้ฝรั่งทั้งต้น

ระยะเวลา (นาที)	ปริมาณโปรตีน (% Protein) ^{ns}	%Yield ^{ns}	%Protein Recovery ^{ns}	%DH
60	20.06 ± 0.63	8.52 ± 1.12	3.89 ± 0.51	3.89 ^b ± 0.18
90	22.07 ± 1.52	9.37 ± 0.65	4.28 ± 0.30	4.09 ^a ± 0.38
120	21.12 ± 1.34	8.98 ± 0.57	4.09 ± 0.26	3.75 ^c ± 0.11

หมายเหตุ: ^a, ^b และ ^c ที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาในการสกัดด้วยเอนไซม์อัลคาเลส ไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีน %Yield %Protein Recovery (p>0.05) แต่มีผลต่อ %DH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งระยะเวลาในการสกัด 120 นาที กลับให้ %DH ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับ 60 และ 90 นาที เพื่อให้การสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตด้วยเอนไซม์อัลคาเลสจากผงหน่อไม้ฝรั่งทั้งต้นมีประสิทธิภาพที่เหมาะสมและช่วยลดต้นทุน พลังงานและประหยัดเวลาในการผลิตสภาวะที่เหมาะสม จึงเลือกการใช้เอนไซม์อัลคาเลสที่ปริมาณ 1.0% (%v/w) และเวลาระยะเวลาการสกัด 60 นาที

1.2 ศึกษาการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตจากผงหน่อไม้ฝรั่งด้วยวิธีทางกายภาพ และเคมีร่วมกับการสกัดโปรตีนด้วยเอนไซม์อัลคาเลส ที่เหมาะสม

การสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตจากผงหน่อไม้ฝรั่งทั้งต้น พบว่าสภาวะการสกัดด้วยเอนไซม์ที่เหมาะสม คือ ปริมาณเอนไซม์อัลคาเลส 1% (v/w) เวลาการสกัด 60 นาที แต่ยังคงพบว่าการสกัดด้วยเอนไซม์เพียงอย่างเดียวให้ %Protein Recovery ที่ต่ำเมื่อเทียบกับการสกัดโปรตีนจากกากข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันข้าวแล้วด้วยเอนไซม์อัลคาเลสให้ % Protein Recovery สูงถึง 17.70% (Braspai boon, 2020) ดังนั้นเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนในสารสกัด นักวิจัยจึงได้ทำการศึกษาวิธีการสกัดร่วม 2 วิธี คือ (1) วิธีทางกายภาพ คือการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90-100 °C เป็นเวลา 60 นาที และ (2) วิธีทางเคมี คือ การใช้สารละลายต่าง (NaOH 0.1 N) ปรับ pH 10-11 เป็นเวลา 60 นาที ก่อนการสกัดด้วยเอนไซม์อัลคาเลสที่สภาวะดังกล่าวข้างต้น ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลเปรียบเทียบของวิธีทางกายภาพ และเคมีร่วมกับเอนไซม์อัลคาเลสในการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตจากผงหน่อไม้ฝรั่งทั้งต้นต่อปริมาณโปรตีน %Yield %Protein Recovery และ %DH

สภาวะการสกัด	ปริมาณโปรตีน (% Protein)	%Yield	%Protein Recovery	%DH
เอนไซม์	20.58 ^b ± 0.82	8.75 ^b ± 0.35	3.99 ^b ± 0.35	4.04 ^b ± 0.01
ความร้อนร่วมกับเอนไซม์	15.79 ^c ± 0.38	6.34 ^c ± 0.15	3.06 ^c ± 0.07	2.48 ^c ± 0.16
ต่างร่วมกับเอนไซม์	29.82 ^a ± 1.35	13.57 ^a ± 0.62	5.78 ^a ± 0.26	5.35 ^a ± 0.02

หมายเหตุ: ^a, ^b และ ^c ที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

จากผลของวิธีการสกัดโปรตีนจากผงหน่อไม้ฝรั่งทั้งต้นโดยใช้ต่างร่วมกับเอนไซม์อัลคาเลส ทำให้สารสกัดโปรตีนมีปริมาณโปรตีน (%Protein), %Yield, %Protein Recovery และ %DH มากกว่าการใช้เอนไซม์เพียงอย่างเดียว โดยมีค่าเพิ่มเป็น 29.82, 13.57, 5.78 และ 5.35 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายต่างที่ใช้ในการสกัดมีคุณสมบัติในการทำลายพันธะต่างๆ ที่จับยึดกันระหว่างองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ในหน่อไม้ฝรั่ง โดยเฉพาะพันธะที่ยึดจับระหว่างโปรตีนกับ

องค์ประกอบในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตเป็นต้น (สาโรจน์ และสิริรุ่ง, 2556) และเมื่อนำมาย่อยสลายด้วยเอนไซม์อัลคาเลส เอนไซม์จึงทำงานได้ดีขึ้น

การทำแห้งสารสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตจากหน่อไม้ฝรั่ง

สารสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตจากหน่อไม้ฝรั่งที่สกัดด้วยการใช้ด่าง (NaOH) pH 10-11 ร่วมกับการใช้เอนไซม์อัลคาเลส ความเข้มข้นปริมาณ 1 % (v/w) ระยะเวลา 60 นาที จะถูกทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งภายใต้สภาวะสุญญากาศที่ความดัน 0.5±0.1 มิลลิบาร์ อุณหภูมิ 40-45 °C ระยะเวลา 40-50 ชั่วโมง และบดเป็นผงละเอียด ซึ่งมีร้อยละผลผลิต (%Yield) ของการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เท่ากับ 6-7 %



ภาพที่ 1 โปรตีนไฮโดรไลเซตจากผงหน่อไม้ฝรั่ง

2. ตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือใช้หน่อไม้ฝรั่ง

นำผงโปรตีนไฮโดรไลเซตจากหน่อไม้ฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มาวิเคราะห์ค่าสี (L^* , a^* , และ b^*) ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Water Activity: a_w) ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีนและปริมาณกรดอะมิโน

ตารางที่ 5 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือใช้หน่อไม้ฝรั่ง

คุณสมบัติ	ผลวิเคราะห์
ค่าสี (L^* , a^* , และ b^*)	52.93 / 3.40 / 9.76
Water Activity: a_w	0.3046
ความชื้น	7.45
ปริมาณโปรตีน (% Protein)	30.22

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการตรวจ 3 ซ้ำ

สารสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษหน่อไม้ฝรั่งลักษณะทางกายภาพดังภาพที่ 1 มีค่าสี (L^* , a^* , b^*) เท่ากับ 52.93, 3.40, 9.76 ตามลำดับ ค่าความชื้นร้อยละ 7.45 ค่า water activity เท่ากับ 0.3046 มีร้อยละปริมาณโปรตีนเท่ากับ 30.22 ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวน 18 ชนิด โดยมีกรดอะมิโนจำนวนครบทั้ง 10 ชนิด ปริมาณกรดอะมิโนบางชนิดแสดงผลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนบางชนิดของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือใช้หน่อไม้ฝรั่ง

รายการทดสอบ	ผลทดสอบ	หน่วย
Glutamic acid	4,371.97	มก./100 ก.
Glycine	1,026.42	มก./100 ก.

Aspartic acid	3,759.03	มก./100 ก.
Serine	1,216.49	มก./100 ก.
Leucine	1,544.78	มก./1,000 ก.
Lysine	1,062.15	มก./1,000 ก.

หมายเหตุ: ผลวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการเคมีและจุลชีววิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่า กระบวนการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษหน่อไม้ฝรั่ง มีดังนี้ วัตถุประสงค์ของสารละลายต่อหน่อไม้ฝรั่งแห้ง สกัดโปรตีนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 N อัตราส่วนของสารละลายต่อหน่อไม้ฝรั่งแห้ง เท่ากับ 1:10 โดยน้ำหนัก สภาวะการสกัดที่ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 10-11 อุณหภูมิ 25-30 °C และระยะเวลา 60 นาที ได้เป็นตะกอนโปรตีน จากนั้นย่อยหรือไฮโดรไลซ์ตะกอนโปรตีนที่ได้ด้วยเอนไซม์อัลคาเลส (Alcalase) ปริมาณร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 60-65 °C ระยะเวลา 90 นาที ได้เป็นสารละลายโปรตีนไฮโดรไลเซท ร้อยละระดับการย่อยสลาย (% Degree of hydrolysis) เท่ากับ 5-6 และทำแห้งสารสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทด้วยกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) ด้วยสภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิ 40-45 °C และระยะเวลา 40-50 ชั่วโมง ได้ผงแห้งโปรตีนไฮโดรไลเซทมีร้อยละผลผลิต (% Yield) เท่ากับ 13-15 และร้อยละปริมาณโปรตีน (%Protein) เท่ากับ 28-30 และร้อยละปริมาณโปรตีนรีคัพเวอรี่ (%Protein recovery) เท่ากับ 5-6 ผงโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษหน่อไม้ฝรั่งประกอบด้วยกรดอะมิโนหลัก ได้แก่ กรดกลูตามิก (Glutamic acid) กรดแอสพาทิก (Aspartic acid) อลานีน (Alanine) และ ไกลซีน (Glycine) ในปริมาณ 4,371, 3,759, 1,484 และ 1,026 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566. สถิติการส่งออก. **นำเข้า-ส่งออก**. แหล่งที่มา <http://shorturl.asia/meDTg>.
- [2] Chitrakar, B., M. Zhanga and B. Adhikarid. 2019. Asparagus (*Asparagus officinalis*): Processing effect on nutritional and phytochemical composition of spear and hard-stem byproducts. **Trends Food Sci. Technol.** 93: 1-11.
- [3] Stupski, J., A. Korus, Z. Lisiewska and W. Kmiecik. 2010. Content of amino acids and the quality of protein in as-eaten green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) products. **Int. J. Food Sci. Technol.** 45(4): 733-739.
- [4] Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr and R.J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. **J. Biol. Chem** 193(1, November): 265-275.
- [5] Braspaiboon, S., S. Osiriphun, P. Peepathum and W. Jirattananang. 2020. Comparison of the effectiveness of alkaline and enzymatic extraction and the solubility of proteins extracted from carbohydrate-digested rice. **Heliyon.** 6(11): 1-8.
- [6] สาโรจน์ รอดคีน และสิริรุ่ง วงศ์สกุล. 2556. การผลิตโปรตีนเข้มข้นจากรำข้าวอินทรีย์ด้วยกรรมวิธีแบบเกษตรอินทรีย์ เปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิม. 70.

การผลิตสีจากจุลินทรีย์ด้วยข้าวและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

ศกุนตลา ศิริอุดม^{1*} และ เมทินี วสุนธรวิวัฒน์¹

บทคัดย่อ

สีธรรมชาติจากจุลินทรีย์กำลังได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในการศึกษาวิจัยเพื่อใช้ทดแทนสีสังเคราะห์ สารสีจากจุลินทรีย์มีข้อดีในการผลิตในแง่ของความคงตัวของสี สามารถผลิตได้ปริมาณมากและเก็บผลผลิตได้ง่าย จากตัวอย่างจุลินทรีย์สร้างสารสีที่คัดแยกได้ ได้แก่ เชื้อราเอนโดไฟท์ *Nigrospora* InSL8 และไอโซเลต IntL1 จากครามป่า (*Indigofera sootepensis*) และครามอุดร (*I. udonthaniensis*) ตามลำดับ สามารถสร้างสารสีแดงและสีเหลือง เชื้อราจากดินรอบรากพืชไอโซเลต Ms21-2 และ Ms21-3 สร้างสารสีเหลือง และเชื้อแอคติโนมัยสีทจากดินรอบรากพืชไอโซเลต As25-1 สร้างสารสีน้ำตาล สารสีจากจุลินทรีย์สามารถละลายได้ดีที่สุดในสารละลาย methanol เมื่อทดสอบการสร้างสีธรรมชาติของเชื้อราเอนโดไฟท์โดยใช้ข้าวและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรแบบ solid state fermentation (SSF) พบว่า เชื้อรา *Nigrospora* InSL8 และไอโซเลต IntL1 สามารถสร้างสารสีในข้าวและขานอ้อยได้ โดยสร้างสารสีในข้าวได้ดีที่สุดมีความเข้มข้นของสารสีแดงและสีเหลือง เท่ากับ 12.20 OD unit/g และ 2.35 OD unit/g ตามลำดับ

คำสำคัญ: เชื้อรา, แอคติโนมัยสีท, สารสี, ข้าว, วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

¹สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

¹ Department of Biology, Faculty of Science, Udon Thani Rajabhat University, Muang District, Udon Thani, 41000

*Corresponding Author: E-mail: sakuntala.si@udru.ac.th

Production of microbial dye from rice and agricultural residue

Sakuntala Siriudom^{1*} and Metinee Wasuntharawat¹

Abstract

The interest in natural pigments derived from microorganisms continues to increase and several research efforts have been made to replace synthetic pigments. Microbial pigments are advantage in terms of their high stability and yield, and easy harvesting. Pigment-producing microorganisms, endophytic fungi, *Nigrospora* InSL8 and isolate IntL1 were isolated from *Indigofera sootepensis* and *I. udonthaniensis* produced an extracellularly red and yellow pigment, respectively. Rhizosphere fungi, isolate Ms21-2 and Ms21-3 produced yellow pigment, while rhizosphere actinomycetes, isolate As25-1 produced brown pigment. These microbial pigments revealed the highest level of solubility in methanol. *Nigrospora* InSL8 and Isolate IntL1 could produce natural pigments from rice and bagasse by solid state fermentation (SSF). The production of red and yellow pigment showed the highest result in rice with the pigment concentration of 12.20 OD unit/g and 2.35 OD unit/g, respectively.

Keywords: fungi, actinomycetes, pigment, rice, agricultural residue

บทนำ

จุลินทรีย์ในธรรมชาติหลายชนิดสามารถสร้างสารสี (pigment) ได้ รวมทั้งเชื้อราและแบคทีเรียในกลุ่มแอคติโนมัยซีท เช่น เชื้อรา *Aspergillus* sp. ให้สารสีส้มแดง เชื้อรา *Monascus* sp. ให้สารสีเหลือง ส้มและแดง เชื้อรา *Blaskselea tripora* ให้สารสีครีม เชื้อยีสต์ *Cryptococcus* sp. และ *Rhodotorula* sp. ให้สารสีแดง เป็นต้น (อรลัดดา, 2559) เชื้อราสามารถผลิตสารสีได้หลายชนิด เช่น anthraquinone, anthraquinone carboxylic acids และ pre-anthraquinones (Hamlyn, 1995) เชื้อรา *Fusarium oxysporum* สร้างสารสี anthraquinone และถูกศึกษาเพื่อใช้เป็นสีธรรมชาติย้อมผ้าขนสัตว์ (Nagia & EL-Mohamedy, 2007) เชื้อราเอนโดไฟท์ (endophytic fungi) เป็นเชื้อราที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืชโดยไม่ทำให้พืชเป็นโรค พบว่าเชื้อราเอนโดไฟท์ *Bartalinia pondoensis* ที่แยกจากเข็มแดง (*Ixora coccinea* L.) สามารถสร้างสารสีแดง (Murugan and Muges, 2013) Velmurugan และคณะ (2010) ได้ศึกษาสารสี 5 ชนิดจากเชื้อรา *M. purpureus*, *Isaria* spp., *Emericella* spp., *Fusarium* spp. และ *Penicillium* spp. โดยพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการติดสีบนหนังสัตว์ คือ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส, pH 5 และใช้เวลาย้อมนาน 120 นาที โดยใช้สีย้อมเข้มข้น 6% ต่อน้ำหนักหนังสัตว์ Mabrouk และคณะ (2011) พบว่าเชื้อรา *Acrostalagmus*, *Alternaria* spp., *Aspergillus niger*, *Bisporomyces* sp., *Cunninghamella* sp., *Penicillium* spp. และ *Phymatotrichum* sp. สามารถสร้างสารสีน้ำตาลและน้ำตาลแดงที่ใช้ย้อมสิ่งทอ ซึ่งคงทนต่อการซักล้างและแสงยูวี

แอคติโนมัยซีทเป็นแบคทีเรียที่สร้างและปลดปล่อยสารสีออกนอกเซลล์ โดยมีรายงานสารสีแดงของเชื้อ *Streptomyces* sp. JAR6 มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบได้ (Abraham and Chauhan, 2018) นอกจากนี้สามารถสร้างสารสีน้ำตาลที่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียและเชื้อราได้ (Ganesan et al., 2017) เชื้อ *Strep. fradiae* VITIPMSB สร้างสารสีชมพูที่ย้อมติดผ้าไหม, ผ้าฝ้าย, ผ้า polyester และผ้าซาติน โดยไม่ต้องใช้ mordant (Chakraborty et al., 2015), นอกจากนี้ยังมีรายงานสารสีอื่นที่แอคติโนมัยซีท สร้างได้ เช่น สีม่วง (ทิวาและนฤมล, 2557) และสีฟ้าอมเขียวที่สร้างโดยเชื้อ *Saccharomonospora azurea* ที่คัดแยกจากดินรอบรากพืช (rhizosphere soil) (Fernandes et al., 2021) เป็นต้น และพบว่าเส้นใยต่างชนิดกันเมื่อย้อมด้วยสารสีจากแอคติโนมัยซีทสายพันธุ์เดียวกันสามารถให้เฉดสีต่างกัน (นฤมล, 2551)

จากปัญหาสีเคมีสังเคราะห์ที่ใช้ย้อมผ้ามีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตรวมทั้งผู้ใช้งานทำให้เกิดโรคมะเร็งและโรคภูมิแพ้ รวมทั้งก่อมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อม (Palanichamy et al., 2011) สีย้อมจากจุลินทรีย์จึงเป็นอีกทางเลือกในการนำมาใช้ประโยชน์ ชาว รวมทั้งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว แกลบ ชานอ้อย เป็นต้น เป็นวัตถุดิบทางธรรมชาติที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นแหล่งอาหารสำคัญในการผลิตสารปฏิชีวนะและทุติยภูมิของจุลินทรีย์ซึ่งรวมทั้งสารสี โดยมีรายงานการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ชังข้าวโพดและแกลบในการผลิตสารสีของเชื้อรา *Monascus purpureus* (Embaby et al., 2018) และการใช้รำข้าวในการผลิตสารสีของเชื้อยีสต์ *Rhodotorula glutinis* (Roadjanakamolson and Suntornsuk, 2010) เป็นต้น

คณะวิจัยมีความสนใจในการใช้ข้าวและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีในชุมชนมาเป็นวัสดุหมักหมนเวียนในการผลิตสารสีจากจุลินทรีย์เพื่อพัฒนาเป็นสีย้อมผ้า เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถสร้างสารสีในแหล่งอาหารธรรมชาติทำให้ได้สีธรรมชาติที่ปลอดภัยและไม่มีสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพื่อให้เกิดเศรษฐกิจหมักหมนเวียน และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ผ้าทอชุมชน โดยสีย้อมจากจุลินทรีย์ถือเป็นอีกทางเลือกในการนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสีย้อม

วิธีการวิจัย

การคัดแยกจุลินทรีย์สร้างสารสี

เก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ อ.นาวัง จ.หนองบัวลำภู นำตัวอย่างดินมาทำ pretreatment โดยให้ความร้อน 120 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง นำตัวอย่างดินมาเจือจางให้มีระดับความเจือจางที่ 1:1,000-1:10,000 ด้วยน้ำเกลือ 0.85% ดูดสารละลายตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร เกลี่ยบนผิวหน้าอาหาร ISP2 medium และ PDA สำหรับคัดแยกเชื้อแอคติโนมัยซีทและเชื้อรา ตามลำดับ บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ คัดแยกจนได้เชื้อบริสุทธิ์สร้างสารสีและเก็บรักษาในอาหารเอียง (slant) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เก็บตัวอย่างพืชให้สี ได้แก่ ครามอุดร (*Indigofera udonthaniensis* Mattapha & Chantar) และครามป่า (*I. sootepensis* Craib) ในเขตพื้นที่จังหวัดอุดรธานีและหนองบัวลำภู ตามลำดับ นำตัวอย่างใบ มาล้างโดยการผ่านน้ำประปา ประมาณ 15 นาที และตัดส่วนของใบแบบสุ่มให้เป็นชิ้นขนาด 5 ตารางมิลลิเมตร นำตัวอย่างไปฆ่าเชื้อที่ผิว (surface sterile) ใน 75% ethanol นาน 30 วินาที, 1-2% sodium hypochlorite นาน 2-3 นาที และ 95% ethanol นาน 30 วินาที ตามลำดับ (Suwannarach et al., 2010) นำตัวอย่างมาวางบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่เติม rose bengal (0.033 กรัม/ลิตร) และ chloramphenicol (50 มิลลิกรัม/ลิตร) แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ทำการแยกเชื้อราให้บริสุทธิ์และเก็บรักษาในอาหาร PDA slant

การผลิตสารสีของจุลินทรีย์โดยใช้ข้าวและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแบบ solid state fermentation (SSF)

เตรียมตัวอย่างข้าวและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ รำข้าว, กากมันสำปะหลัง และขานอ้อย โดยขานอ้อยต้องนำมาทำให้มีขนาดชิ้นที่เล็กลงก่อนนำมาทดสอบ นำตัวอย่างข้าวและขานอ้อยแห้งน้ำประมาณ 1-2 ชั่วโมง ส่วนรำข้าวและกากมันสำปะหลังไม่ต้องแช่น้ำ ใส่ตัวอย่างในพลาสติก 150 กรัม นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ เลี้ยงเชื้อราบนอาหาร PDA และเจาะโคโลนีเชื้อราด้วย cork borer ให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 6 มม. ย้ายชิ้นวุ้นเชื้อราลงในอาหารจำนวน 5 ชิ้น/พลาสติก นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 7-14 วัน

ศึกษาคุณลักษณะของสารสีจากจุลินทรีย์ นำตัวอย่างมาทดสอบการใช้ตัวทำละลาย ได้แก่ methanol, ethanol และน้ำ อัตราส่วน 1:1 (w/v) ในการเตรียมสีย้อม กรองด้วยกระดาษกรองและเก็บในขวดแก้ว เปรียบเทียบสีที่ได้จากวัสดุอาหารที่ต่างกัน โดยนำสารละลายสีย้อมไปหาความเข้มข้นของสารสี วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 400, 470, 500 และ 530 นาโนเมตร สำหรับรงควัตถุสีเหลือง ส้ม แดง และแดงอมม่วง ตามลำดับ คำนวณหาความเข้มข้นของรงควัตถุ (OD units/g substrate) คำนวณตามสูตร (Johns and Stuart, 1991) เมื่อ OD = ค่าการดูดกลืนแสง, v ปริมาตรตัวทำละลาย (มิลลิลิตร), w น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม), dilution factor คือ ค่าการเจือจางตัวอย่าง

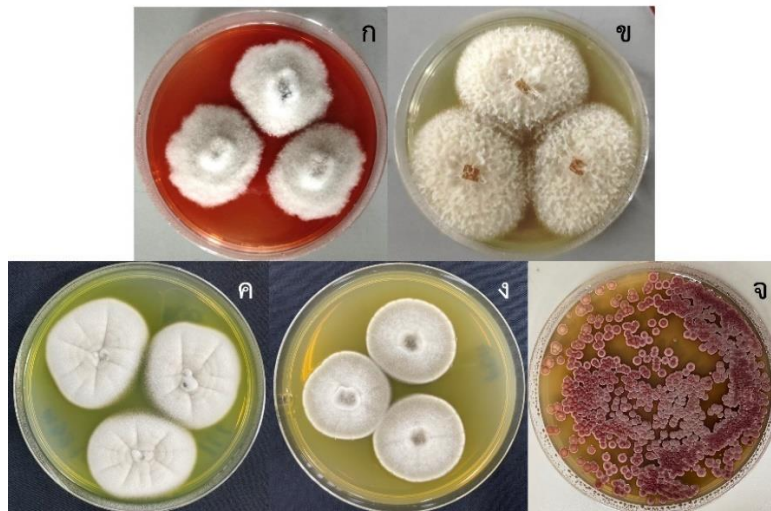
$$\text{Pigment concentration} = \frac{\text{OD} \times \text{dilution factor} \times v}{w}$$

W

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การคัดแยกจุลินทรีย์สร้างสารสี

สามารถคัดแยกเชื้อราสร้างสารสีจำนวน 4 ไอโซเลต ให้สีแดง และสีเหลือง โดยเชื้อรา 2 ไอโซเลตเป็นเชื้อราเอนโดไฟท์คัดแยกจากใบพืชสกุลคราม ได้แก่ เชื้อ *Nigrospora* InSL8 และเชื้อราไอโซเลต IntL1 คัดแยกจากใบของครามป่า และครามอุตรตามลำดับ เชื้อราสามารถสร้างสารสีบนอาหาร PDA ได้สีแดงและสีเหลือง ตามลำดับ ขณะเชื้อราอีก 2 ไอโซเลตคัดแยกจากดินรอบรากพืช (rhizosphere fungi) ได้แก่ ไอโซเลต Ms21-2 และ Ms21-3 ให้สีเหลืองบนอาหาร PDA สามารถคัดแยกเชื้อแอกติโนมัยสีทไอโซเลต As25-1 จากตัวอย่างดินรอบรากพืช (rhizosphere actinomycetes) มีลักษณะโคโลนีสีม่วงแดงบนอาหาร ISP2 medium และให้สีน้ำตาล (ภาพที่ 1) เมื่อใช้ตัวทำละลาย methanol ละลายสารสีออกมา พบว่า สารละลายสีย้อมมีสีที่ใกล้เคียงกับสีที่เชื้อปลดปล่อยออกมาบนอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อทดสอบสกัดสารสีของเชื้อรา *Nigrospora* InSL8 และเชื้อราไอโซเลต IntL1 บนอาหาร PDA ด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆพบว่า สารสีสามารถละลายใน methanol ได้ดีที่สุด โดยสารสีของเชื้อรา *Nigrospora* InSL8 มีความเข้มข้นสารสีแดง (OD500) มากที่สุด เท่ากับ 15.02 OD unit/g รองลงมาเป็นสารสีแดงอมม่วง (OD530) เท่ากับ 13.45 OD unit/g ส่วนเชื้อราไอโซเลต IntL1 มีความเข้มข้นสารสีเหลือง (OD400) มากที่สุด เท่ากับ 2.36 OD unit/g (ตารางที่ 1) สอดคล้องกับรายงานของ Suwannarach และคณะ (2019) พบว่าเชื้อรา *Nigrospora aurantiaca* CMU-ZY2045 สามารถสร้างสารสีแดง โดยละลายในตัวทำละลาย methanol ได้ดี เชื้อราสามารถสร้างสารสีได้หลายชนิดรวมทั้งสีเหลือง เช่น เชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถสร้างสารสีเหลือง (Gupta et al., 2013) ขณะที่เชื้อแอกติโนมัยสีท *Streptomyces torulosus* มีรายงานสร้างสารสีแดง, ดำ, น้ำตาล และเขียวเข้มที่สามารถใช้ย้อมติดผ้าที่ผลิตจากเส้นใย polyamide และขนแกะได้ (Kheiralla et al., 2016)



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะโคโลนีเชื้อราเอนโดไฟท์ *Nigrospora* InSL8 (ก) และเชื้อราไอโซเลต IntL1 (ข) สร้างสารสีแดงและเหลืองบนอาหาร PDA, เชื้อราจากดินรอบรากพืชไอโซเลต Ms21-2 (ค) และ Ms21-3 (ง) สร้างสารสีเหลืองบนอาหาร PDA และเชื้อแอกติโนมัยสีทจากดินรอบรากพืชไอโซเลต As25-1 (จ) สร้างสารสีน้ำตาลบนอาหาร ISP2 medium

การผลิตสารสีของจุลินทรีย์โดยใช้ข้าวและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแบบ solid state fermentation (SSF)

จากการทดสอบความสามารถในการผลิตสารสีบนข้าวและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของเชื้อราเอนโดไฟท์ *Nigrospora* InSL8 (ก) และเชื้อราเอนโดไฟท์ไอโซเลต IntL1 พบว่า สามารถเจริญและสร้างสารสีในข้าวได้ดีที่สุด รองลงมาคือชานอ้อย ขณะที่กากมันสำปะหลังและรำข้าวเชื้อราไม่เจริญและไม่สร้างสารสี เมื่อนำสารสีที่เชื้อราทั้งสองชนิดสร้างขึ้นในข้าวและชานอ้อยไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้ methanol เป็นตัวทำละลาย พบว่า ความเข้มข้นของสารสีในข้าวมีค่าใกล้เคียงกับอาหารเลี้ยงเชื้อมากกว่าชานอ้อย (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตามเนื่องจากชานอ้อยเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและราคาถูก สามารถนำมาพัฒนาหาสัดส่วนที่เหมาะสมกับข้าวเพื่อผลิตสารสีต่อไป โดยความสามารถในการสร้างสารสีของเชื้อราขึ้นกับชนิดของแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนในอาหาร โดยมีรายงานเชื้อรา *N. aurantiaca* CMU-ZY2045 สร้างสารสีในอาหารที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนและ yeast extract เป็นแหล่งไนโตรเจน (Suwannarach et al., 2019)

ตารางที่ 1 แสดงค่า Pigment concentration ของเชื้อราเอนโดไฟท์สร้างสารสีบนอาหาร PDA เมื่อใช้ตัวทำละลายต่างกัน

ตัวอย่าง/ตัวทำละลาย	Pigment concentration (OD unit/g)			
	OD400	OD470	OD500	OD530
<i>Nigrospora</i> InSL8				
water	2.73	1.97	2.14	1.52
Methanol	10.68	12.90	15.02	13.45
ethanol	9.64	12.61	14.75	12.62
Isolate IntL1				
water	1.90	0.98	0.71	0.58
Methanol	2.36	0.34	0.20	0.12
ethanol	2.26	0.29	0.17	0.09

หมายเหตุ ; ค่าการดูดกลืนแสงที่ 400, 470, 500 และ 530 นาโนเมตร สำหรับรังควัตถุสีเหลือง ส้ม แดง และแดงอมม่วง ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงค่า Pigment concentration ของเชื้อราเอนโดไฟท์สร้างสารสีบนข้าวและชานอ้อยเมื่อใช้ตัวทำละลาย methanol

ตัวอย่าง	Pigment concentration (OD unit/g)							
	OD400		OD470		OD500		OD530	
	ข้าว	ชานอ้อย	ข้าว	ชานอ้อย	ข้าว	ชานอ้อย	ข้าว	ชานอ้อย
<i>Nigrospora</i>	8.09	0.57	11.09	0.25	12.20	0.18	8.00	0.12
InSL8								
Isolate IntL1	2.35	1.95	2.08	0.11	1.58	0.07	1.01	0.04

หมายเหตุ ; ค่าการดูดกลืนแสงที่ 400, 470, 500 และ 530 นาโนเมตร สำหรับรังควัตถุสีเหลือง ส้ม แดง และแดงอมม่วง ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

จากการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์สร้างสารสี พบว่า สามารถคัดแยกเชื้อราเอนโดไฟท์ (endophytic fungi) ในครามป่าและครามอุตร ได้แก่ เชื้อรา *Nigrospora* InSL8 และไอโซเลต IntL1 สร้างสารสีแดงและเหลืองบนอาหาร PDA และเชื้อราจากดินรอบรากพืช (rhizosphere fungi) ได้แก่ ไอโซเลต Ms21-2 และ Ms21-3 สร้างสารสีเหลืองบนอาหาร PDA และเชื้อแอคติโนมัยซีตจากดินรอบรากพืช (rhizosphere actinomycetes) ไอโซเลต As25-1 สร้างสารสีน้ำตาล บนอาหาร ISP111 medium เชื้อราเอนโดไฟท์ *Nigrospora* InSL8 และไอโซเลต IntL1 สามารถสร้างสารสีในข้าวและชานอ้อยได้ โดยสามารถสร้างสารสีในข้าวได้ดีที่สุดมีความเข้มข้น สารสีแดงและสีเหลือง เท่ากับ 12.20 OD unit/g และ 2.35 OD unit/g ตามลำดับ สารสีจากจุลินทรีย์สามารถนำไปพัฒนาเป็นสีย้อมสิ่งทอ โดยสามารถผลิตได้โดยไม่ต้องรอฤดูกาล ไม่ตกค้างกับสิ่งแวดล้อมและสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตในวัตถุดิบธรรมชาติเพื่อทดแทนและลดต้นทุนจากการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ประเภททุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund: FF) กลุ่ม Research Basic Fund ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาชีววิทยาที่อำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ทิวา เขียนวงษ์, นฤมล เกื่อนกุล. 2557. การใช้สีย้อม *Streptomyces* sp. P2 ในการย้อมเส้นใยไหม เส้นใยขนแกะและเส้นใยฝ้าย. การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 12, คณะเกษตรศาสตร์ ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [2] นฤมล เกื่อนกุล. 2551. การใช้สารสีจากแอคติโนมัยซีตในการย้อมสีเส้นใยไหมและเส้นใยฝ้าย. รายงานการวิจัยโปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- [3] อรลัดดา เจือจันทร์. 2559. การสำรวจหาจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการผลิตสารสีจากดินในเขตอำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์. สืบค้นจาก [http://af.surin.rmuti.ac.th/pgcp/pdf/2559%20\(8\).pdf/](http://af.surin.rmuti.ac.th/pgcp/pdf/2559%20(8).pdf/) 20 กันยายน 2560.
- [4] Abraham J., Chauhan R. 2018. Profiling of red pigment produced by *Streptomyces* sp. JAR6 and its Bioactivity. 3 Biotech, 8: 1-9.
- [5] Chakraborty I., Redkar P., Munjal M., Kumar S.R.S., Rao K.V.B. 2015. Isolation and characterization of pigment producing marine actinobacteria from mangrove soil and applications of bio-pigments. Der Pharmacia Lettre, 7: 93-100.

- [6] Embaby A.M., Hussein M.N., Hussein A. 2018. *Monascus* orange and red pigments production by *Monascus purpureus* ATCC16436 through co-solid state fermentation of corn cob and glycerol: an eco-friendly environmental low cost approach. PLoS ONE 13:e0207755. doi: 10.1371/journal.pone.0207755.
- [7] Fernandes C.J., Doddavarapu B., Harry A., Dilip S.P.S, Ravi L. 2021. Isolation and identification of pigment producing actinomycete *Saccharomonospora azurea* SJCJABS01. Biomed Pharmacol J 14: 2261-2269.
- [8] Ganesan P., Reegan A.D., David R.H.A., Gandhi M.R., Paulraj M.G., Al-Dhabi N.A., Ignacimuthu S. 2017. Antimicrobial activity of some actinomycetes from Western Ghats of Tamill Nadu, India. Alex J Med, 53: 101-110.
- [9] Gupta C., Sharma D., Aggarwal S., Nagpal N. 2013. Pigment production from *Trichoderma* spp. for dyeing of silk and wool. IJSN, 4: 351-355.
- [10] Hamlyn P.F. 1995. The impact of biotechnology on the textile industry. Textile Magazine, 95: 6–10.
- [11] Johns M.R., Stuart D.M. 1991. Production of pigments by *Monascus purpureus* in solid culture. J Appl Microbiol, 8: 23–28. <https://doi.org/10.1007/BF01575587>.
- [12] Kheiralla Z.H., Hewedy M.A., Mohammed H.R., Darwesh O.M. 2016. Isolation of pigment producing actinomycetes from rhizosphere soil and application it in textiles dyeing. Res J Pharm Biol Chem Sci, 7: 2128-2136.
- [13] Mabrouk A.M., El-khrisy E.A.M., Youssef Y.A., Mohamed A.A. 2011. Production of textile reddish brown dyes by fungi. Malays J Microbiol, 7: 33-40.
- [14] Murugan M., Mugesh S. 2013. Pigment producing coelomycetes endophytic fungus *Bartalinia* sp. isolated from *Ixora coccinea* L. Int. J. Applied Bioresearch, 19: 9-12.
- [15] Nagia F.A., EL-Mohamedy R.S.R. 2007. Dyeing of wool with natural anthraquinone dyes from *Fusarium oxysporum*. Dyes and Pigments, 75: 550-555.
- [16] Palanichamy V., Hundet A., Mitra B., Reddy N. 2011. Optimization of cultivation parameters for growth and pigment production by *Streptomyces* spp. isolated from marine sediment and rhizosphere soil. Int J Plant Environ Sci, 1: 158-170.
- [17] Roadjanakamolson M., Suntornsuk W. 2010. Production of β -carotene-enriched rice bran using solid-state fermentation of *Rhodotorula glutinis*. J Microbiol Biotechnol, 20: 525–531.
- [18] Suwannarach N., Bussaban B., Hyde K.D., Lumyong S. 2010. *Muscodor cinnamomi*, a new endophytic species from *Cinnamomum bejolghota*. Mycotaxon, 114: 15-23.
- [19] Suwannarach N., Kumla J., Nishizaki Y., Sugimoto N., Meerak J., Matsui K., Lumyong S. 2019. Optimization and characterization of red pigment production from an endophytic fungus, *Nigrospora aurantiaca* CMU-ZY2045, and its potential source of natural dye for use in textile dyeing. Appl Microbiol Biotechnol, 103: 6973-6987.
- [19] Velmurugan P., Kamala-Kannan S., Balachandar V., Lakshmanaperumalsamy P., Chae J., Oha B. 2010. Natural pigment extraction from five filamentous fungi for industrial applications and dyeing of leather. Carbohydr Polym, 79: 262–268.

คุณค่าทางโภชนาการ และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของ *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8160

นวลจันทร์ ใจใส^{1*} และสายัณห์ นันชนะ²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของ *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8160 ที่เก็บรักษา ณ คลังสาหร่าย วว. โดย *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8160 ถูกเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเหลวสูตร BG11₀ ในโฟโตไบโอรีแอกเตอร์ ปริมาตรเพาะเลี้ยง 30 L ภายหลังเก็บเกี่ยวเซลล์ และทำแห้ง นำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และประเมินคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (การทดสอบปริมาณฟีนอลรวม วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระชนิด DPPH และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระชนิด ABTS) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ชีวมวลสาหร่าย *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8160 มีปริมาณโปรตีน 45.47 mg/100 g และปริมาณใยอาหาร 35.93 mg/100 g มีกรดอะมิโนหลักคือ กรดแอสปาร์ติก ปริมาณ 4934.36 mg/100 g กรดกลูตามิก ปริมาณ 4788.70 mg/100 g ลิวซีน ปริมาณ 3730.10 mg/100 g และอะลานีน ปริมาณ 3387.74 mg/100 g ผลคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของชีวมวล *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8160 พบว่ามีปริมาณฟีนอลรวม 442.17 ± 0.44 mg GAE/100 g ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระชนิด DPPH และฤทธิ์ การต้านอนุมูลอิสระชนิด ABTS มีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.7844 mg/mL และ 8.7707 mg/mL ตามลำดับ โดยสรุป *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8160 เป็นแหล่งคุณค่าทางโภชนาการที่ดีเยี่ยม สามารถพัฒนาเป็นแหล่งอาหารธรรมชาติ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพได้

คำสำคัญ: ไชยาโนแบคทีเรีย นอสตอค คุณค่าทางโภชนาการ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1 นักวิจัย, ศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี 12120

2 นักทดลองวิทยาศาสตร์วิจัย, ศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี 12120

1 Research officer, Biodiversity Research Centre Thailand Institute of Scientific and Technological Research Pathum Thani 12120

2 Assistant research officer, Biodiversity Research Centre Thailand Institute of Scientific and Technological Research Pathum Thani 12120

* Corresponding author: E-mail address: nuanjun@tistr.or.th

Nutritional Value and Antioxidant Properties of *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8160

Nuanjun Jaisai^{1*} and Sayan Nancha²

Abstract

The aim of this study was to investigate nutritional value and antioxidant properties of *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8160 which were taken from TISTR algal culture collection. *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8160 was cultivated with a nitrate-free BG11 medium (BG11₀) for Photobioreactor 30 L production. The biomass was harvested, dried and used for nutritional value assay and evaluated antioxidant properties (total phenol content determination and DPPH and ABTS radical scavenging assay). The results showed that this biomass can be defined as containing 45.47 mg/100 g of total protein and 35.93 mg/100 g of fiber. Main amino acid of this biomass was aspartic acid, glutamic acid, leucine and alanine, in the number of 4934.36 mg/100 g, 4788.70 mg/100 g, 3730.10 mg/100 g and 3387.74 mg/100 g, respectively. Antioxidant properties were found that biomass presented total phenol content 442.17±0.44 mg GAE/100 g. Antioxidant of DPPH scavenging effected with IC₅₀ of 4.7844 mg/mL and 8.7707 mg/mL, respectively. In conclusion, *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8160 having an excellent nutritional quality could be developed as natural food for health benefits.

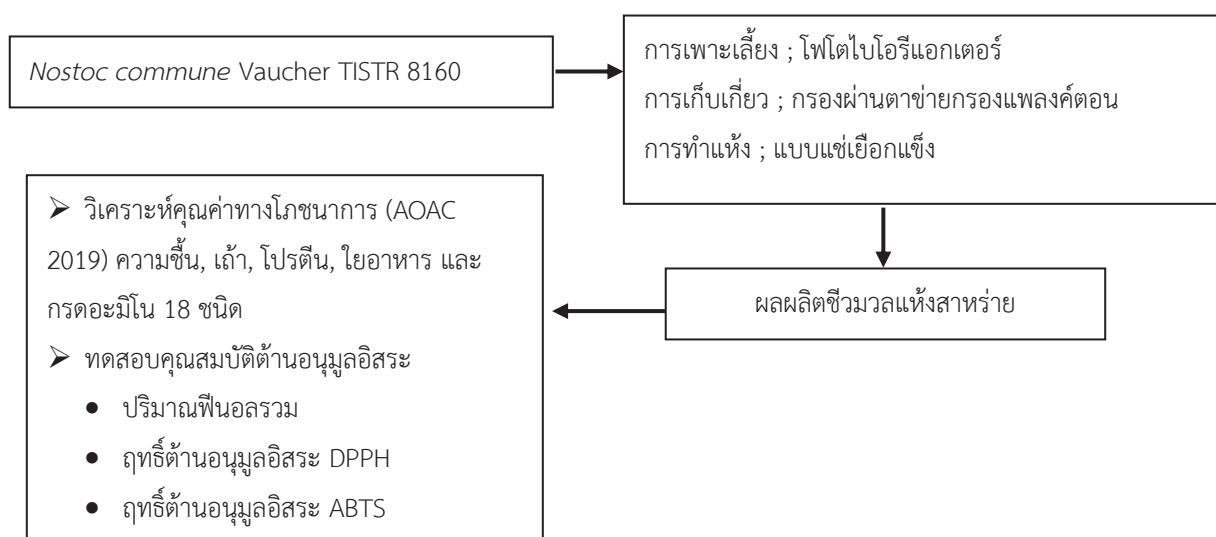
Keywords: Cyanobacteria, Nostoc, Nutritional value, Free radical scavenger

บทนำ

สาหร่าย *Nostoc commune* หรือในประเทศไทยนิยมเรียกว่า ไข่หิน ดอกหิน หรือ เห็ดลาบ จัดเป็นสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (blue-green algae) ชนิดหนึ่ง ในกลุ่มไซยาโนแบคทีเรีย สามารถตรึงไนโตรเจนได้ มีการเจริญเติบโตแบบโคลนนิ่งเรียงกันเป็นเส้นสาย มีเมือกห่อหุ้ม ซึ่งโคลนนี้มีทั้งขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ ประโยชน์ของสาหร่าย *Nostoc commune* คือมีการนำมารับประทานเป็นอาหาร [1] โดยเฉพาะประเทศจีนพบว่ามีมีการนำมาใช้ประโยชน์ในแง่การเป็นอาหารมาเป็นเวลานาน [2] ซึ่งสาหร่าย *Nostoc commune* จัดเป็นทรัพยากรชีวภาพที่อุดมไปด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต แร่ธาตุ และยังเป็นแหล่งที่มีศักยภาพในการผลิตสารธรรมชาติชนิดทุติยภูมิจำนวนมาก ที่มีโครงสร้างใหม่ๆ ซึ่งมีขอบข่ายการออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลากหลาย เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านอักเสบ ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ฤทธิ์ต้านมะเร็ง ฤทธิ์เสริมภูมิคุ้มกัน [3] นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาต่อโรคระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด เช่น ฤทธิ์ลดไขมันในเลือด (lipid-lowering) และเพิ่มการสลายไขมันที่ตับ [4],[5] ตลอดจนมีฤทธิ์ต้านการเกิดหลอดเลือดแข็งตัว (antiatherosclerosis) [6] ทั้งนี้ถิ่นกำเนิด สายพันธุ์ และสภาวะการเพาะเลี้ยง เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อขอบข่ายการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่าย

ดังนั้นการศึกษาค้นคว้านี้จะทำการศึกษาคูณค่าทางโภชนาการ และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของ *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8160 ซึ่งทำการเพาะเลี้ยงในโฟโตไบโอรีแอคเตอร์ ระดับขยาย ทำให้ได้ข้อมูลสำคัญเพื่อหาแนวทางในการนำสาหร่าย *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8160 มาพัฒนาและเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยเฉพาะในกลุ่มอาหารสุขภาพ ต่อไป

วิธีการวิจัย



1. การเตรียมตัวอย่างสาหร่าย

1) การเตรียมหัวเชื้อ

นำเซลล์สาหร่ายไซยาโนแบคทีเรีย, *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8160 ที่เก็บรักษา ณ คลังสาหร่าย ศูนย์ความเป็นเลิศด้านสาหร่าย ภายใต้ศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพ (ศคช.) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) มาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตรมาตรฐาน BG11 [7] ประกอบด้วย NaNO_3 1.5, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.075, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.036, Citric acid 0.006, Na_2CO_3 0.02, $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 0.04, Fe-EDTA 0.007 (g/L) และ Trace metal

(H₃BO₃ 0.00286, MnCl₂·4H₂O 0.00181, ZnSO₄·7H₂O 0.000222, Na₂MoO₄·2H₂O 0.00039, CuSO₄·5H₂O 0.000079, Co(NO₃)₂·6H₂O 0.0000494 (g/L)) โดยเลี้ยงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 500 mL ปริมาตรอาหาร 250 mL บนเครื่องเขย่าความเร็ว 100 รอบ/นาที บ่มภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์ (cool-white fluorescent, physics Line รุ่น C.A. 813) ที่ความเข้มแสง 60 μE อุณหภูมิ 28±1 °C เป็นเวลา 14 วัน เพื่อเป็นการกระตุ้นหัวเชื้อ จากนั้นนำไปเพิ่มปริมาณเซลล์โดยเฉพาะเลี้ยงในคาร์บอย ขนาด 12 L ปริมาตรอาหาร 10 L และมีการให้อากาศผ่านตัวกรองขนาดรูพรุน 0.2 μm ด้วยอาหารและสภาวะดังที่กล่าวไว้ข้างต้น เป็นเวลา 28 วัน

2) การเพาะเลี้ยงและเก็บเกี่ยว

นำมาเพาะเลี้ยงในโฟโตไบโอรีแอคเตอร์ (photobioreactor) ปริมาตรเพาะเลี้ยง 30 L ด้วยอาหารเหลวสูตรดัดแปลง BG11₀ คือ อาหารเหลวสูตรมาตรฐาน BG11 ที่ไม่เติม NaNO₃ เตรียมจากน้ำกรอง หัวเชื้อเริ่มต้น 2 g/L ภายหลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 21 วัน ทำการเก็บเกี่ยวเซลล์สำหรับโดยกรองผ่านตาข่ายกรองแพลงค์ตอน ขนาด 108 μm ล้างเซลล์ด้วยน้ำกรองเพื่อกำจัดสารเคมีในอาหารเหลวที่ใช้เพาะเลี้ยง เซลล์ที่เก็บเกี่ยวได้นำไปทำแห้งแบบเยือกแข็งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °C เพื่อใช้สำหรับทดสอบคุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณฟีนอลรวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS

2. วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน โยอาหาร ด้วยวิธีการ AOAC. 2019 รวมถึงชนิดและปริมาณกรดอะมิโน ด้วยโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) [8]

3. ทดสอบปริมาณฟีนอลรวม

ทดสอบปริมาณฟีนอลรวม ด้วยวิธี Folin ciocalteu ที่ดัดแปลงมาจาก Singleton and Rossi [9] โดยผสมสารละลายตัวอย่างความเข้มข้น 50 mg/mL ปริมาตร 100 μl กับน้ำกลั่น ปริมาตร 7,000 μl และ Folin ciocalteu reagent (Merck, Germany) ปริมาตร 500 μl ภายหลังตั้งทิ้งไว้ 2-8 นาที เติมน้ำกลั่นโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 20% (Merck, Germany) ปริมาตร 1,500 μl ปรับปริมาตรให้ได้ 10 mL ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Shimadzu UV-2450, Japan) ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ คำนวณปริมาณฟีนอลรวม ในหน่วย mg GAE/100 g โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (Sigma, USA) ช่วงความเข้มข้น 50-300 mg/L

4. ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

ทำการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Damila *et al.* [10] ด้วย การผสมสารละลายตัวอย่าง แต่ละความเข้มข้นช่วง 6-10 mg/mL ปริมาตร 100 μl กับสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ความเข้มข้น 0.1 mM ปริมาตร 100 μl ในจานเพาะเลี้ยง 96 หลุม (Corning, China) ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องอ่านปฏิกิริยาธาตุหลุม (TECAN infinite M200 PRO, USA) ที่ความยาวคลื่น 517 nm โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก (Sigma, USA) ช่วงความเข้มข้น 0.002-0.01 mg/mL และสารมาตรฐาน โทรลอคซ์ (Sigma, USA) ช่วงความเข้มข้น 0.002-0.01 mg/mL ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ คำนวณเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จากสมการ และรายงานผลเป็นค่า IC₅₀ (ค่าความเข้มข้นที่สามารถจับกับสารได้ครึ่งหนึ่ง)

$$\% \text{ Radical scavenging} = \frac{\text{Abs control} - \text{Abs sample}}{\text{Abs control}} \times 100$$

เมื่อ Abs control คือ ค่าการดูดกลืนแสง 517 nm ของชุดควบคุม
และ Abs sample คือ ค่าการดูดกลืนแสง 517 nm ของชุดทดสอบ

5. ทดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS

ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของ Dudonne *et al.* [11] โดยผสมสารละลายตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นช่วง 6-10 mg/mL ปริมาตร 50 μ l กับสารละลาย ABTS free radical ปริมาตร 150 μ l ลงในจานเพาะเลี้ยง 96 หลุม วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm ด้วยเครื่องอ่านปฏิกิริยาภาดหลุม โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ช่วงความเข้มข้น 0.005-0.025 mg/mL และสารมาตรฐานโทรลอกซ์ ช่วงความเข้มข้น 0.005-0.025 mg/mL ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ คำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS ในหน่วยเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระ จากสมการและรายงานผลเป็นค่า IC₅₀

$$\% \text{ Inhibition} = \left\{ 1 - \left(\frac{\text{Ab sample}}{\text{Ab control}} \right) \right\} \times 100$$

เมื่อ Abs control คือ ค่าการดูดกลืนแสง 734 nm ของชุดควบคุม

และ Abs sample คือ ค่าการดูดกลืนแสง 734 nm ของชุดทดสอบ

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบ 3 ซ้ำ ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของชีวมวลแห้งสำหรับ *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8160 พบว่า ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน และใยอาหาร มีค่าเท่ากับ 2.31, 4.02, 45.47 และ 35.93 g/100 g ตามลำดับ เมื่อพิจารณากรดอะมิโน (ตารางที่ 1) พบกรดอะมิโนหลัก ได้แก่ กรดแอสปาร์ติก กรดกลูตามิก ลิวซีน และอะลานีน มีปริมาณ 4934.36, 4788.70, 3730.10 และ 3387.74 mg/100 g ตามลำดับ

ตารางที่ 1 กรดอะมิโนของชีวมวลแห้งสำหรับ *Nostoc commune* Vaucher TISTR 8160

ชนิดกรดอะมิโน	หน่วย (mg/100 g)	ชนิดกรดอะมิโน	หน่วย (mg/100 g)
ทรีโอนีน*	2522.77	กรดแอสปาร์ติก**	4934.36
วาเลีน*	2260.00	เซอรีน**	2310.49
เมไทโอนีน*	393.06	กรดกลูตามิก**	4788.70
ไอโซลูซีน*	2335.48	โพรลีน**	1626.44
ฟีนิลอะลานีน*	2345.27	ไกลซีน**	2213.98
ฮิสติดีน*	697.32	อะลานีน**	3387.74
ไลซีน*	1950.17	ซีสเทอีน**	180.82
ลิวซีน*	3730.10	ไทโรซีน**	3097.83
ทริптоเฟน*	344.28	อาร์จินีน**	2985.72

* : กรดอะมิโนที่จำเป็น และ ** : กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น

ผลปริมาณฟีนอลรวม ซึ่งคำนวณเทียบได้จากกราฟสารมาตรฐานกรดแกลลิก ($y = 0.0012x + 0.0119$, $R^2 = 0.9974$) พบว่ามีปริมาณฟีนอลรวม โดยเฉลี่ย 442.17 ± 0.44 mg GAE/100 g ซึ่ง Tsai *et al.* [12] ได้รายงานไว้ว่า สารสกัด *Nostoc commune* จากเอทานอล ปริมาณฟีนอลรวม 25.89 ± 1.18 μ g GAE/mg สามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวนเซลล์ และ

การสะสมไขมัน (26.9%) ในเซลล์เพาะเลี้ยง 3T3-L1 preadipocyte อีกทั้งลดน้ำหนักตัว (13.5%), เนื้อเยื่อไขมัน (13.3%), ไตรกลีเซอไรด์ (14.2%) และไขมันชนิดไม่ดี (16.4%) ในหนูแรพได้

สำหรับผลฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH คำนวณเทียบกับกราฟสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ($y = 8608x - 13.433$, $R^2 = 0.9987$) และกราฟสารมาตรฐานโทรลอคซ์ ($y = 7458.5x - 5.6954$, $R^2 = 0.9987$) จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm พบว่าชีวมวลแห้งสำหรับ *Nostoc Commune* Vaucher TISTR 8160 มีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.7844 mg/mL เมื่อเทียบกับสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ค่า IC_{50} เท่ากับ 0.0074 mg/mL และสารมาตรฐานโทรลอคซ์ ค่า IC_{50} เท่ากับ 0.0075 mg/mL (ตารางที่ 2)

ส่วนผลฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS คำนวณเทียบกับกราฟสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ($y = 1644.1x + 16.38$, $R^2 = 0.9975$) และกราฟสารมาตรฐานโทรลอคซ์ ($y = 2631.3x - 0.3534$, $R^2 = 0.9987$) จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm พบว่าชีวมวลแห้งสำหรับ *Nostoc Commune* Vaucher TISTR 8160 ค่า IC_{50} เท่ากับ 8.7707 mg/mL เมื่อเทียบกับสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ค่า IC_{50} เท่ากับ 0.0204 mg/mL และสารมาตรฐานโทรลอคซ์ ค่า IC_{50} เท่ากับ 0.0191 mg/mL (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณฟีนอลรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของชีวมวลแห้งสำหรับ *Nostoc Commune*

Vaucher TISTR 8160

ตัวอย่าง	ปริมาณฟีนอลรวม* (mg GAE/100 g)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ*	
		DPPH	ABTS
		IC_{50} (mg/mL)	IC_{50} (mg/mL)
สารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก	-	0.0074	0.0204
สารมาตรฐานโทรลอคซ์	-	0.0075	0.0191
<i>Nostoc Commune</i> TISTR 8160	442.17±0.44	4.7844	8.7707

* ผลจากการทดสอบ 3 ซ้ำ

มีรายงานว่า องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณฟีนอลรวม คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ของ *Nostoc* หรือกิจกรรมการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายชนิดต่างๆ เกี่ยวข้องกับสภาวะในการเพาะเลี้ยงต่างๆ เช่น สภาวะการเพาะเลี้ยงภายใต้ความเครียด โดยการปรับเปลี่ยนสารเคมีในการเพาะเลี้ยง จะมีผลต่อการผลิตสารสำคัญและสารทุติยภูมิในสาหร่าย เนื่องจากสภาวะความเครียดที่เกิดจากสารเคมีได้เปลี่ยนวิถีทางเมแทบอลิซึมของสาหร่าย ซึ่งการลดลงของปริมาณไนโตรเจน มีผลทำให้เพิ่มขึ้นของปริมาณฟีนอลรวม และปริมาณซัลเฟตที่เหมาะสมส่งผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งชนิด DPPH และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระชนิด ABTS ที่เพิ่มขึ้นต่อการเพาะเลี้ยง *Nostoc linckia* [13]

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษานี้ทำให้ได้ข้อมูลสำคัญ และแนวทางในการนำ *Nostoc Commune* Vaucher TISTR 8160 ที่ได้ทดสอบครั้งนี้ เพื่อพัฒนาเป็นสารมูลค่าสูงต่อไป โดยเฉพาะการนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ หรือวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนใหม่ๆ หรือแหล่งโปรตีนทดแทน เนื่องจากปริมาณโปรตีนที่สูงถึง 45.47% และประกอบด้วยกรดอะมิโนทั้ง 18 ชนิด อีกทั้งยังมีปริมาณใยอาหารที่สูงถึง 35.93% และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งจะตอบรับกับพฤติกรรมต่อกระแสรักสุขภาพ การดูแลสุขภาพด้วยอาหารของกลุ่มผู้บริโภคในประเทศ และทั่วโลกที่เปลี่ยนไป ดังนั้นควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติมในแง่ รูปแบบของสารสกัดการออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่นๆ ความปลอดภัย เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกต่อไป

อ้างอิง

- [1] อภารัตน์ มหาจันทร์, อุษา กลิ่นหอม, มยุรี ตั้งธนานุวัฒน์, เจษฎา ทิพยะสุขศรี, วัชรีย์ กัลยาลัง, วิวัธน์ ปฐมโยธิน, พรภัทธา ศรีนรรคฺตร, ปุณณภา บุญยะภักดิ์, เกศรา แซ่โค้ว, สุวรรณภา ศรีสวัสดิ์, วัลลภา อรุณไพโรจน์, และ เสียงทอง นุตาลัย. (2549). วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากสาหร่าย “เห็ดถلاب” (*Nostoc commune*, Cyanophyta). *รายงานการวิจัยในโครงการ BRT*. 79-93. http://www1a.biotec.or.th/BRT/index.php/-brt-magazine/doc_details/96-10
- [2] Chu, H.J. and Tsang, C.T. (1998). Research and utilization of cyanobacteria in China: a report. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 80, 1-4.
- [3] Li, Z. and Guo, M. (2018). Healthy efficacy of *Nostoc commune* Vaucher. *Oncotarget*, 9(18), 14669-79. <https://doi: 10.18632/oncotarget.23620>
- [4] Yang, Y., Kim, B., Park, Y.K. and Lee, J.Y. (2014). Effects of long-term supplementation of blue-green algae on lipid metabolism in C57BL/6J mice. *J Nutrit Health Food Sci.*,1(1), 1-14.
- [5] Ku, C.S., Kim, B., Pham, T.X., Yang, Y., Weller, C.L., Carr, T.P., Park, Y.K. and Lee, J.Y. (2015). Hypolipidemic effect of a blue-green alga (*Nostoc commune*) is attributed to its nonlipid fraction by decreasing intestinal cholesterol absorption in c57bl/6j mice. *J Med Food*, 18(11), 1214-22.
- [6] Ku, C.S., Kim, B., Pham, T.X., Yang, Y., Wegner, C.J., Park, Y.K., Balunas, M. and Lee, J.Y. (2015). Blue-green algae inhibit the development of atherosclerotic lesions in apolipoprotein e knockout mice. *J Med Food*, 18(12), 1299-306.
- [7] Bustos, S.A. and Golden, S.S. (1991). Expression of the Psbdii Gene in Synechococcus sp. StrainPCC 7942 Requires Sequences Downstream of the Transcription Start Site. *J. Bacteriol*, 173, 7525–7533.
- [8] AOAC. (2019). Official Methods of Analysis. 21th Edition, *Association of Official Analytical Chemists*, Washington DC, USA.
- [9] Singleton, V.L. and Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- [10] Damila, R.M., Eliza M.R., Sheisa C.S., Eduardo M.S., Elton G.B., Marcos N. E., Alexandra C.H.F.S. and Jesuí, V.V. (2015). Antioxidant activity, phenolics and UPLC-ESI (-)-MS of extracts from different tropical fruits parts and processed peels. *Food Research International*, 77(3), 392-399.
- [11] Dudonné, S., Vitrac, X., Coutière, P., Woillez, M. and Mérillon, J.M. (2009). Comparative Study of Antioxidant Properties and Total Phenolic Content of 30 Plant Extracts of Industrial Interest Using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC Assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5), 1768–1774.
- [12] Tsai, S.C., Huang, Y.W., Wu, C.C., Wang, J.J., Chen, Y.T., Singhanía, R.R., Chen, C.W., Dong, C.D. and Hsieh, S.L. (2022). Anti-Obesity Effect of *Nostoc commune* Ethanol Extract In Vitro and In Vivo. *Nutrients*, 14, 968. <https://doi.org/10.3390/nu14050968>

- [13] Eman, A. E., Sanaa, M.S., Omnia, M.A.H. and Emad, A. S. (2021). Enhancement of active ingredients and biological activities of *Nostoc linckia* biomass cultivated under modified BG-11₀ medium composition. *Biomass Conversion and Biorefinery*.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.036>

ประสิทธิภาพของกรดอะมิโนปลาทะเลต่อการเจริญเติบโตของเคลที่ปลูกในช่วงฤดูร้อน

พิมพ์ชนา ฮกทา, สุณิสา บุญแก้ว และ สรพงศ์ เบนจศรี^{1*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของอะมิโนปลาทะเลต่อการเจริญเติบโตของคะน้าเคล โดยเริ่มตั้งแต่ปลูกเคลใบหยิก ณ มหาวิทยาลัยทักษิณ ระหว่างเดือน มกราคม ถึง เมษายน พ.ศ. 2566 หลังจากนั้นฉีดพ่นอะมิโนปลาทะเลในรูปแบบน้ำฉีดพ่นทางใบแก่เคลในสัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป โดยจะมีการฉีดพ่นสัปดาห์ละ 2 ครั้ง และแบ่งระดับความเข้มข้นของกรดอะมิโนปลาทะเลออกเป็น 5 ระดับ (ทรีตเมนต์) ประกอบด้วย 0.00, 1.50, 3.00, 4.50 และ 6.00 มิลลิลิตร/ลิตร โดยการทดลองครั้งนี้กำหนดให้การใช้ความเข้มข้น 0.00 มิลลิลิตรต่อลิตร คือการฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่าเป็นทรีตเมนต์ควบคุม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) แต่ละทรีตเมนต์ปลูกจำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น ผลการทดลองพบว่าลักษณะความสูง ความยาวใบ ความกว้างใบ ความยาวก้านใบ และความกว้างทรงพุ่มมีแตกต่างทางสถิติในแต่ละทรีตเมนต์ โดยพบว่าการไม่ฉีดพ่นอะมิโนปลาทะเลมีความยาวใบ ความกว้างใบ ความยาวก้านใบ และความกว้างทรงพุ่มน้อยที่สุดเท่ากับ 24.47, 21.13, 8.86, 7.33, และ 34.67 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนทรีตเมนต์อื่นๆ มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยความกว้างต้นพบว่าทรีตเมนต์ที่ 5 ซึ่งฉีดพ่นด้วยอะมิโนปลาทะเลที่ระดับความเข้มข้น 6.00 มิลลิลิตร/ลิตร มีความกว้างต้นมากที่สุดเท่ากับ 9.71 มิลลิเมตร

คำสำคัญ: เคล, อะมิโนปลาทะเล, ลักษณะคุณภาพ

¹ดร. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

²นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

³รศ.ดร. คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹Dr., Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210

²Undergraduate student, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung, 93210.

³Assoc. Prof. Dr., Department of Plant Science, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung, 93210.

* Corresponding author: e-mail: benchasri@gmail.com Tel. 074-609605 ext. 3305

Efficacy of marine fish amino acid on growth of kale in summer season

Pimchana Hoktha, Sunisa Boonkaew and Sorapong Benchasri^{1*}

Abstract

The objective of this study was to study the efficiency of marine fish amino acid. Curl leaf kale was carried out at Thaksin University between January and April 2023. The marine fish amino acid was sprayed as a foliar of okra every 2nd week. The marine fish amino acids were divided into 5 levels (treatments) including of 0.00, 1.50, 3.00, 4.50 and 6.00 ml/l. The 0.00 ml/l concentration was to be sprayed with as a control treatment. Completely Randomized Design (CRD) was planned for each treatment with 5 replications of 10 plants each. Plant height, leaf length, leaf width, petiole length and canopy width were statistically differenced for each treatment. The plant height, leaf length, leaf width, petiole length and canopy width were lowest characteristics in control treatment about 24.47, 21.13, 8.86, 7.33, and 34.67 cm respectively. Plant width stem was found that sprayed with marine fish amino acids at a concentration of 6.00 ml/l. has the best value equal to 9.71 mm

Keywords: Kale, Marine fish amino acid, Quality.

บทนำ

เคล (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) เป็นพืชสกุลกะหล่ำที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ และโภชนาการชนิดหนึ่งของโลก และของประเทศไทย โดยความสำคัญทางเศรษฐกิจ พบว่าทั้งโลกมีการผลิตพืชสกุลกะหล่ำแต่ละปีมากกว่า 70 ล้านตัน [1] สำหรับประเทศไทยผลผลิตเคลส่วนใหญ่ส่งจำหน่ายไปยังต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น มาเลเซีย ฮองกง สิงคโปร์ เยอรมัน อังกฤษ และ ฝรั่งเศส [2] โดยส่งออกในรูปแบบผักใบสด และแปรรูป ส่วนความสำคัญทางด้านโภชนาการ พบว่า ผักเคลมีวิตามินซีและแคลเซียมสูง อีกทั้งเคลประกอบด้วย วิตามิน A (ลูทีน และซีแซนทีน), วิตามิน B, วิตามิน C, วิตามิน K, แคลเซียม และ โฟลทาเซียมสูง อีกทั้งยังช่วยลดไขมันในเลือด และช่วยลดน้ำหนักได้อีกด้วย [3] เคลจึงเป็นพืชที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย จึงทำให้เกษตรกรหลายราย หรือบริษัทต่างๆ พยายามทำทุกวิถีทางเพื่อเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะกลุ่มผู้บริโภคผักที่นิยมบริโภคผักของกลุ่มคนรักสุขภาพ

อย่างไรก็ตามจากการศึกษาเบื้องต้น พบว่าเกษตรกรผู้ผลิตเคลของประเทศไทยประสบปัญหาหลายประการ เช่น ปัญหาผลผลิตน้อย เนื่องจากพันธุ์ปลูกไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม ปัญหาการเจริญเติบโตช้า ปัญหาการระบาดของโรค และปัญหาการเข้าทำลายของแมลง หรือปัญหาปุ๋ยราคาแพง โดยเฉพาะปัญหาปุ๋ยมีราคาแพง เป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดที่ทำให้เกษตรกรประสบปัญหาขาดทุน จากปัญหาดังกล่าวเกษตรกรพยายามหาตัวช่วยในการลดต้นทุนการผลิต โดยวิธีการต่างๆ เช่น การใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด หรือปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งมีราคาถูกกว่า แต่พบว่ามีปัญหาได้เนื่องจากเมื่อมีการใช้ปุ๋ยดังกล่าวกลับมีผลทำให้ผลผลิตลดลง ดังนั้นผู้วิจัยจึงพยายามศึกษาและหาแนวทางแก้ไขโดยใช้วัสดุทดแทนหรือวัสดุเศษเหลือมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการผลิตและพัฒนาเป็นกรดอะมิโนปลาทะเล และนำมาทดสอบคุณสมบัติต่างๆ รวมทั้งศึกษาผลกระทบเมื่อใช้ในพืชจึงมีความสำคัญ โดยเฉพาะเคลใบหยิก ซึ่งเป็นตัวแทนของพืชผักที่บริโภคสดและมีความสำคัญในการส่งออกเป็นอย่างดี โดยเมื่อโครงการนี้แล้วเสร็จจะทำให้สามารถทราบถึงระดับความเข้มข้นของอะมิโนปลาทะเลที่เหมาะสมซึ่งสามารถตอบโจทย์ความต้องการของผู้ประกอบการ และสร้างความเชื่อมั่นแก่เกษตรกร หรือผู้ที่จะนำกรดอะมิโนไปใช้ในการเพาะปลูก ซึ่งสุดท้ายแล้วก็จะช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตสินค้าทางการเกษตร และเพิ่มผลผลิต รวมทั้งอาจจะเป็นการส่งเสริมนโยบายการขยายการผลิตสินค้าปลอดภัยภายใต้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน

วิธีการวิจัย

ทำการปลูกเคลใบหยิก (cure leaf kale) โดยการปลูกทดสอบเคลในกระถางพลาสติกสีดำ ขนาด 14 นิ้ว ก่อนปลูกจะต้องผสมดินระหว่างหน้าดิน : ปุ๋ยคอก: มูลค่างควา: ชุยมะพร้าวบด : แกลบเผา ในอัตราส่วน 2 : 1 : 1 : 1 : 1 ในขณะเดียวกันทำการเพาะเมล็ดพันธุ์เคลทั้งสองพันธุ์ในถาดเพาะหลุมขนาด 108 หลุมเพื่อใช้เป็นกล้าสำหรับการทดลองครั้งนี้ตั้งภาพที่ 1 โดยทำการเพาะกล้าเคลในเดือน มกราคม 2566 ณ สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง เมื่อต้นกล้าอายุ 2 สัปดาห์ และมีใบจริงจำนวน 1 คู่ ทำการย้ายกล้าไปปลูกในกระถางที่ผสมดินเป็นที่เรียบร้อยแล้ว โดยปลูก 1 ต้นต่อกระถาง ตลอดการปลูกมีการรดน้ำเช้า-เย็น ทุกวัน และกำจัดวัชพืชทุกๆ 2 สัปดาห์ และดูแลบำรุงรักษาเพื่อให้ต้นเคลมีความสมบูรณ์เหมือนกันทุกต้น

เมื่อเคลที่ปลูกในกระถางมีอายุ 2 สัปดาห์ (อายุรวม 4 สัปดาห์) ทำการทดลองฉีดพ่นอะมิโนปลาทะเลในรูปแบบฉีดทางใบ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป โดยจะมีการฉีดสัปดาห์ละ 2 ครั้ง และแบ่งระดับความเข้มข้นของกรดอะมิโนปลาทะเลเป็น 5 ระดับ ประกอบด้วย 0.00, 1.50, 3.00, 4.50 และ 6.00 มิลลิลิตร/ลิตร โดยการทดลองครั้งนี้กำหนดให้การใช้ความเข้มข้น 0.00 มิลลิลิตร/ลิตร คือการฉีดน้ำเปล่าเป็นทริตเมนต์ควบคุม ซึ่งการทดลองครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

(Completely Randomized Design) แต่ละทรีตเมนต์ปลูกจำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น บันทึกข้อมูลในแบบฟอร์มบันทึกมาตรฐานประกอบด้วย ลักษณะความสูง ความยาวใบ ความกว้างใบ ความยาวก้านใบ ความกว้างทรงพุ่ม และความกว้างต้น ในช่วงอายุ 1 เดือนหลังย้ายปลูก



ภาพที่ 1 การเตรียมกล้าปลูก การปลูก และการฉีดพ่นอะมิโนปลาทะเลในเคล

ก. การเพาะเคล

ข. การปลูกเคลในกระถาง

ค. การฉีดพ่นอะมิโนปลาทะเล

ง. การเจริญเติบโตของเคล

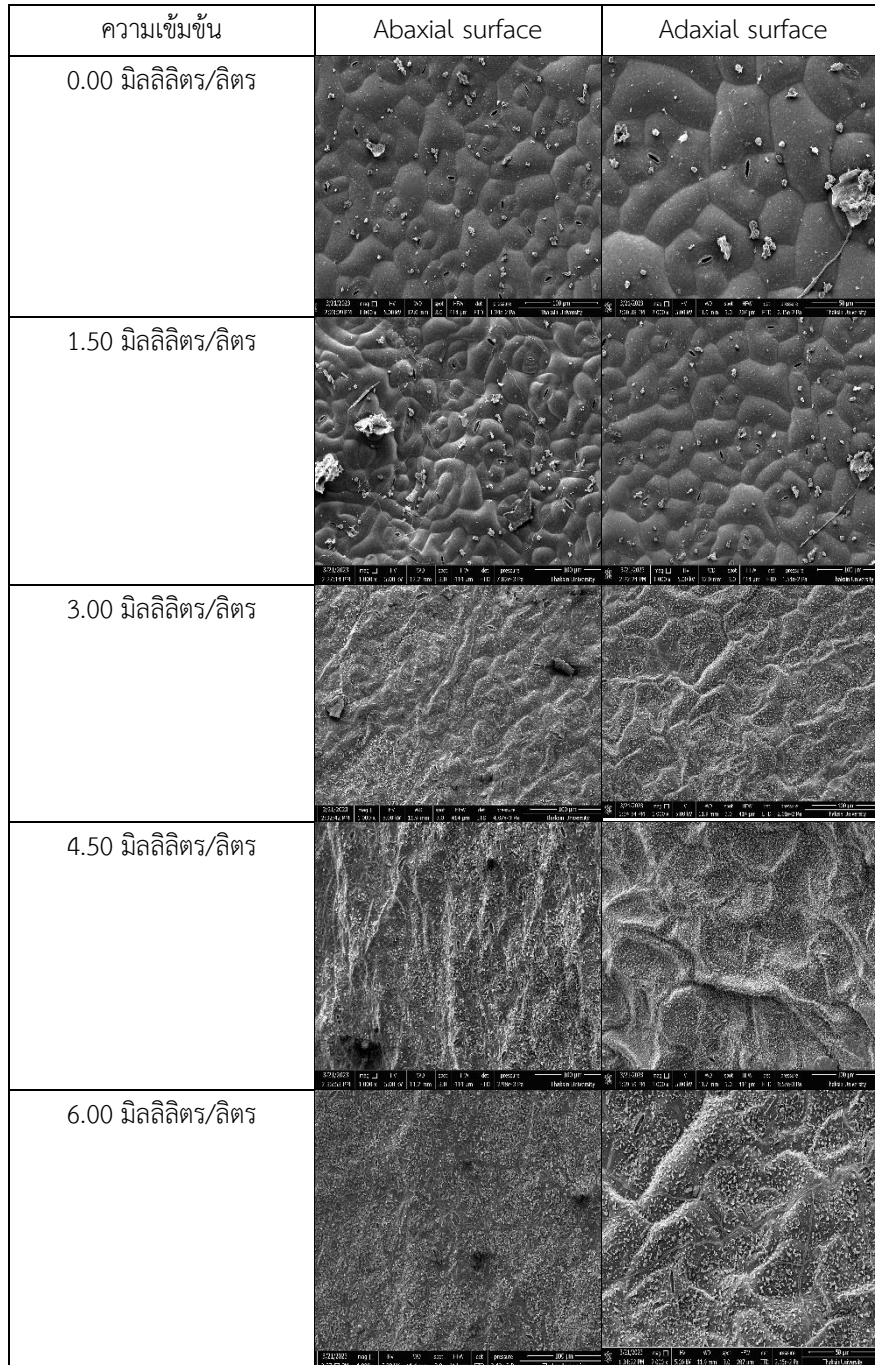
การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SAS (Statistical Analysis System Version 9.1) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกรรมวิธีโดยวิธีของ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ในเบื้องต้นอะมิโนปลาทะเลที่ใช้ในการทดลองเป็นกรดอะมิโนปลาทะเลได้จากการหมักปลาแห้งเหลือ ปลาเขียว ปลาตาโต และปลาตาแดง หลังจากนั้นนำกรดอะมิโนปลาทะเลทดสอบในห้องปฏิบัติการเบื้องต้นพบว่ากรดอะมิโนปลาทะเลที่จำเป็นอยู่ 17 ชนิด ประกอบด้วย Asp, Thr, Ser, Glu, Pro, Gly, Ala, Cys, Val, Met, Ile, Leu, Tyr, Phe, Lys, His และ Arg ซึ่งปริมาณกรดอะมิโนปลาทะเลมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน ซึ่งผลการศึกษานี้มีความหลากหลายของกรดอะมิโนปลาทะเลที่สอดคล้องกับการทดลองของ Gauthankar [4] อีกทั้งการทดลองครั้งนี้ทำการวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนและหลังปลูกเคล โดยผลการศึกษาก่อนปลูกและหลังปลูกพบว่าคุณสมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยความอุดมสมบูรณ์ของดิน (organic matter) ยังเท่าเดิมทั้งก่อนและหลังปลูกโดยมีค่าเท่ากับ 1.15 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ศึกษาลักษณะ

ต่างๆ หลัจากฉีดพ่นอะมิโนปลาทะเล ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป พบว่าแต่ละลักษณะมีความแตกต่างกันทางสถิติในลักษณะต่างๆ ที่ศึกษา ส่วนคุณภาพของใบเคลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีความแตกต่างกันในส่วนของท้องใบ (abaxial surface) และหน้าใบ (adaxial surface) แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างใบของเคลที่ถ่ายด้วย SEM

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของเคลใบหยิกเมื่อได้รับการฉีดพ่นอะมิโนปลาทะเลพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติของลักษณะความสูง ความยาวใบ ความกว้างใบ ความยาวก้านใบ และความกว้างทรงพุ่ม โดยลักษณะความสูงพบว่าการไม่ฉีดพ่นอะมิโนปลาทะเลมีความแตกต่างทางสถิติกับการฉีดพ่นอะมิโนปลาทะเล โดยการใช้น้ำธรรมชาติ (ทรีตเมนต์ควบคุม) ทำให้เคลสูงน้อยที่สุดเท่ากับ 24.47 เซนติเมตร ซึ่งไม่ต่างทางสถิติกับการได้รับการฉีดพ่นอะมิโนที่ระดับ 1.50 มิลลิลิตร/ลิตร แต่จะมี

ความแตกต่างทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ ในขณะที่ความยาวใบ ความกว้างใบ ความยาวก้านใบ ความกว้างทรงพุ่ม และความกว้างต้น มีค่าเท่ากับ 21.13, 8.86, 7.33, 34.67 และ 6.63 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตามความกว้างต้นพบว่าได้รับอะมิโนปลาทะเลที่ระดับ 6.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามากที่สุด 7.71 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Johari et al.[5] ที่มีการใช้อะมิโนปลาทะเลส่งผลให้การเจริญเติบโตในลักษณะความยาวราก ความสูง ความยาวยอด และน้ำหนักแห้งแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของอะมิโนปลาทะเลก็จะมีระดับความเหมาะสมกับชนิดพืชด้วย Priyanka และคณะ [6] ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ สรพงศ์ และคณะ [7] รายงานว่าการใช้อะมิโนปลาทะเลระดับที่เหมาะสมกับกระเจียบเขียวอยู่ที่ 3.00 มิลลิกรัม/ลิตร

ตาราง 1 การเจริญเติบโตบางประการของเคลโบหยิก

ทรีตเมนต์	ความสูง (ซม.)	ความยาวใบ (ซม.)	ความกว้าง ใบ (ซม.)	ความยาวก้าน ใบ (ซม.)	ความกว้าง ทรงพุ่ม(ซม.)	ความกว้าง ต้น (ซม.)
Tr1	24.47b	21.13b	8.86b	7.33b	34.67b	6.63b
Tr2	25.92ab	20.83b	10.10ab	6.87b	35.50b	7.68ab
Tr3	26.27a	23.53a	11.46a	8.01a	37.75ab	8.71a
Tr4	24.92ab	23.59a	11.23a	7.58b	40.25a	7.95a
Tr5	25.20ab	23.26a	11.48a	7.69b	41.33a	9.71a
F-test	*	*	*	*	*	*
CV.	5.93	6.16	7.68	8.42	4.55	4.16

* Means in the same column followed by the same letter(s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD.

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของเคลโบหยิก พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติของลักษณะความสูง ความยาวใบ ความกว้างใบ ความยาวก้านใบ และความกว้างทรงพุ่มมีแตกต่างทางสถิติในแต่ละทรีตเมนต์ โดยพบว่าการไม่ฉีดพ่นอะมิโนปลาทะเลมีความยาวใบ ความกว้างใบ ความยาวก้านใบ และความกว้างทรงพุ่ม มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับเท่ากับ 24.47, 21.13, 8.86, 7.33, และ 34.67 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนทรีตเมนต์อื่นๆ มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยความกว้างต้นพบว่าทรีตเมนต์ที่ 5 ซึ่งฉีดพ่นด้วยอะมิโนปลาทะเลที่ระดับความเข้มข้น 6.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความกว้างต้นมากที่สุดเท่ากับ 9.71 มิลลิเมตร ส่วนทรีตเมนต์อื่นๆ มีค่าแตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ในการทดลองครั้งนี้ ขอบพระคุณบริษัท ปลาณีตฟาร์ม จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ผลิตภัณฑ์กรดอะมิโนปลาทะเลที่ใช้ในการทดลอง และโครงการนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยโครงการวิจัยเงินรายได้มหาวิทยาลัยทักษิณ กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ประเภททุนวิจัยเร่งรัด (Quick Win) ขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจ BCG ปีงบประมาณ พ.ศ.2566

เอกสารอ้างอิง

- [1] Hahn, C., Müller A., Kuhnert N. and Albach D. 2016. Diversity of kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*): glucosinolate content and phylogenetic relationships. **J. Agric. Food Chem.** 2016, 64, 3215–3225. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b01000.
- [2] สรพงศ์ เบญจตรี, ศรัณญภัส รักศีล, เกษศิริรินทร์ รัชจร และการกวิน ศรีเทพ. (2563). อิทธิพลของอัตราปลูกต่อผลผลิตของคะน้า (*Brassica alboglabra*) ที่ผลิตด้วยวิธีการไฮโดรโปนิกส์แบบ Dynamic Root Floating Technique. **แก่นเกษตร**. 48(1): 983-988.
- [3] Sikora E. and Bodziarczyk, L. (2012). Composition and antioxidant activity of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) raw and cooked. **Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.** 11(3): 239-248
- [4] Gauthankar, M, Khandeparker R, Shivaramu MS, Salkar K, Sreepada RA and Paingankar M. (2021). Comparative assessment of amino acids composition in two types of marine fish silage. **Scientific report**. 11:15235
- [5] Joharin NS., Asilah AM, Zalina I, Fazhana I, Ab-Latif IZ, Islamiah S. and Tang, JR. (2020). Effects of fish amino acid (Faa) application on growth and development of okra (*Abelmoschus Esculentus*) at Different Sampling Times. **Journal of Vocational Education Studies**.3(2):35-42.
- [6] Priyanka, B., Ramesh T, Rathika S. and Balasubramaniam P. (2019). Foliar application of fish amino acid and egg amino acid to improve the physiological parameters of rice. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**. 8(2): 3005-3009.
- [7] สรพงศ์ เบญจตรี, ภาณุมาศ พงษ์คณีนี สุปาณี เลี้ยงพรพรรณ และ สกุรัตน์ หาญศึก. (2565). ประสิทธิภาพของกรดอะมิโนปลาทะเลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพสีของกระเจี๊ยบเขียวที่ปลูกในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย.การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 32 หน้า 637-642.

ผลของการสกัดฟรักแทนจากรากหน่อไม้ฝรั่งเหลือทิ้งจากกระบวนการเกษตรด้วยตัวทำละลายน้ำ และเอนไซม์ทางการค้าต่อคุณสมบัติทางทางเคมีและทางกายภาพของสารสกัด

วลัยพร เหมโส^{1*} วราเทพ บัวสุ่ม² และณัฐณิรินทร์ บุรณะสระกะวี¹

บทคัดย่อ

รากของหน่อไม้ฝรั่งถือเป็นผลพลอยได้เหลือทิ้งจากกระบวนการตัดแต่งหน่อไม้ฝรั่งก่อนการจัดจำหน่าย ที่สามารถเป็นแหล่งของฟรักแทนอีกแหล่งหนึ่งและเหมาะสมจะนำมาประกอบอาหารโดยเฉพาะกลุ่มของพรีไบโอติกส์ที่มีความสามารถในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของระบบลำไส้ใหญ่ได้ งานวิจัยนี้จึงทำการสกัดฟรักแทนจากรากหน่อไม้ฝรั่งที่เหลือทิ้งจากกระบวนการตัดแต่งจากฟาร์มในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยศึกษาการสกัดฟรักแทนด้วยน้ำสะอาดและการใช้เอนไซม์ทางการค้า 2 ชนิด ได้แก่ เอนไซม์เซลลูเลสและเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส กำหนดระยะเวลาการสกัดที่ 1, 3 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ นำสารสกัดที่ได้มาทดสอบหาปริมาณฟรักแทนด้วยชุดทดสอบอย่างง่าย พบว่า สภาวะในการสกัดฟรักแทนที่เหมาะสม คือ การสกัดด้วยน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 80 ± 2 องศาเซลเซียส ที่เวลา 1 ชั่วโมง ให้ปริมาณฟรักแทนมากที่สุด เท่ากับ 3.17 ± 0.10 กรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม และให้ประสิทธิภาพในการสกัดฟรักแทนได้ดีกว่าการใช้เอนไซม์เซลลูเลส (1.54 - 1.89 กรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม) หรือเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (1.48 - 1.81 กรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: ฟรักแทน การสกัดด้วยเอนไซม์ เซลลูเลส แอลฟา-อะไมเลส

¹นักวิจัย, ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ปทุมธานี 12120

²ผู้ช่วยวิจัย, ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ปทุมธานี 12120

¹Researcher, Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathum Thani 12120, Thailand

²Assistant Researcher, Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathum Thani 12120, Thailand

*Corresponding Author: E-mail: walaiporn@tistr.or.th

Effects of Fructan Extraction from Asparagus Roots By-product from Postharvest using Water and Commercial Enzymes on Chemical and Physical Properties

Walaiporn Hemso^{1*}, Warathep Buasum², and Natnirin Boornasakawee¹

Abstract

Asparagus roots are a by-product of the fresh-cut asparagus process before distribution. It can be considered as a fructans source and suitable to be used as an interesting food for being a prebiotic that can stimulate the immune system of the large intestine. In this research, fructan was extracted from the asparagus root by-product from the fresh-cut process from a local farm in Phetchabun province. The fructans extraction by using distilled water and 2 types of commercial enzymes (cellulase and alpha-amylase) and extraction time at 1, 3, and 5 hours, were studied. The obtained extracts were determined the fructans content by using the K-FRUC test kit from Megazyme. It was found that the optimum condition for fructans extraction was the water extraction at 80 ± 2 degree celsius at 1 hour. It gave the highest fructan content at 3.17 ± 0.10 gram/100 gram fresh samples. The fructun extraction efficiency of water extraction was significantly higher than the cellulase (1.54-1.89 gram/100 gram fresh samples) or alpha-amylase (1.48-1.81 gram/100 gram fresh samples) enzymatic extractions, ($p\leq 0.05$).

Keywords: Fructan, Enzymatic extraction, Cellulase, Alpha-amylase

บทนำ

หน่อไม้ฝรั่ง (Asparagus) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Asparagus officinalis L.*, *Asparagus spp.*, *Allium Cesar L.* เป็นต้น เป็นพืชสำคัญทางเศรษฐกิจของไทยชนิดหนึ่ง ที่มีความต้องการในตลาดสูง มีปริมาณการจำหน่ายผลผลิตอยู่ที่ 11,325 ตัน ในพื้นที่การเพาะปลูก 10,686 ไร่ ของ 14 จังหวัด [1] และมีการส่งออกไปยังต่างประเทศ เนื่องจากในกระบวนการผลิตให้ได้คุณภาพในขั้นตอนการตัดแต่ง ทำให้มีเศษเหลือทิ้ง (Trimmed asparagus by products: TABP) เป็นจำนวนมาก หากแต่การใช้ประโยชน์จากเศษหน่อไม้ฝรั่งเหลือทิ้งเหล่านี้ยังมีอยู่ในปริมาณน้อย โดยจะนำไปแปรรูปเป็นอาหารสัตว์และปุ๋ยบำรุงพืช [2] หน่อไม้ฝรั่งมีคุณสมบัติที่น่าสนใจด้านความเป็นพรีไบโอติกส์ มีรายงานปริมาณสารกลุ่มฟรักแทนในลำต้น คือ อินนูลิน (inulin) และฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructo-oligosaccharide: FOS) [3] 0.5-2% (น้ำหนักแห้ง) อีกทั้งยังมีฟรักแทนสำรองที่สะสมในรากของหน่อไม้ฝรั่ง ซึ่งเป็นส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการตัดแต่งคิดเป็นประมาณ 25% ของน้ำหนักสด [4] มีงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นถึงคุณสมบัติของ FOS และอินนูลินว่าเป็นสารประกอบโอลิโกแซคคาไรด์ชนิดหนึ่ง ที่ประกอบด้วยน้ำตาลฟรุคโตสที่เชื่อมต่อกันเป็นสายสั้น เป็นใยอาหารชนิดละลายน้ำที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้และมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกที่สามารถเป็นอาหารของจุลินทรีย์ชนิดดีในลำไส้มนุษย์ [5] จึงได้มีการนำรากหน่อไม้ฝรั่งจากแหล่งต่าง ๆ มาทำการสกัดฟรักแทน การแปรรูปผลพลอยได้จากหน่อไม้ฝรั่งจึงเป็นส่วนสำคัญที่จะสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิตเหลือทิ้งทางการเกษตรได้

ฟรักแทนประกอบด้วยหน่วยฟรุคโตส (F) ที่ต่อกับกลูโคส (G) ในซูโครส ซึ่งมีโครงสร้างหลายรูปแบบ เช่น ฟรักแทนประเภทอินนูลิน ประกอบด้วย $\beta(2 \rightarrow 1)$ เชื่อมต่อ $[G-\beta(2 \rightarrow 1)-F-\beta(2 \rightarrow 1)-(F)_n]$, ฟรักแทนประเภทเลวาน (levan) ประกอบด้วย $\beta(2 \rightarrow 16)$ เชื่อมต่อ $[G-\beta(2 \rightarrow 1)-F-\beta(2 \rightarrow 6)-(F)_n]$, ชุดอินนูลินนีโอซีรีส์ที่ฟรุคโตสถูกเชื่อมต่อกับ $\beta(2 \rightarrow 16)$ ไปเป็นกลูโคสในซูโครส $\beta(2 \rightarrow 1)$ บนกากน้ำตาลฟรุคโตส $[(F)_n-\beta(2 \rightarrow 1)-F-\beta(2 \rightarrow 6)-G-\beta(2 \rightarrow 1)-F-\beta(2 \rightarrow 1)-(F)_n]$ และเลวานนีโอที่ฟรุคโตสถูกเชื่อมด้วย $\beta(2 \rightarrow 6)$ ไปเป็นกลูโคสในซูโครสและ $\beta(2 \rightarrow 6)$ บนกากน้ำตาลฟรุคโตส $[(F)_n-\beta(2 \rightarrow 6)-F-\beta(2 \rightarrow 6)-G-\beta(2 \rightarrow 1)-F-\beta(2 \rightarrow 6)-(F)_n]$ [5,6] ฟรักแทนประเภทอินนูลินจะสะสมอยู่ในพืชตระกูลวงศ์ทานตะวัน เช่น ชิกโครรี (*Cichorium intybus L.*) และอาติโชค (*Helianthus tuberosus L.*) ในขณะที่พบส่วนผสมของอินนูลินและนีโอซีรีส์ตระกูลลิลลี่ เช่น หัวหอม (*Allium cepa L.*) กระเทียม (*Allium sativum L.*) ทางจระเข้ (*Agave spp.*) และหน่อไม้ฝรั่ง เลวานและเลวานนีโอซีรีส์พบในเมล็ดธัญพืชและหญ้า [5,6,7] ระดับของพอลิเมอร์ไรเซชัน (DP) แตกต่างกันไป ตั้งแต่ 3 ถึง 200 โดยปกติแล้วโพลิเมอร์ที่มี DP 2-4 ถือเป็น FOS ส่วนที่มี DP สูงถึง 7 เป็นโอลิโกฟรุคโตสและในเทอมของอินนูลิน ใช้กับ DP ที่สูงขึ้น [5,6] การผลิตฟรักแทนทางการค้าในเชิงอุตสาหกรรมขึ้นอยู่กับ DP ที่กำหนด FOS ถูกสังเคราะห์ด้วยวิธีการทางเทคโนโลยีชีวภาพโดยใช้จุลินทรีย์และเอนไซม์ [5,6,7] ส่วนโอลิโกฟรุคโตสและอินนูลินที่ได้มาจากแหล่งธรรมชาติ ส่วนใหญ่เป็นแหล่งชิโครรีและแหล่งอื่น ๆ ถูกนำมาใช้ เช่น สาหร่ายสีน้ำเงินและเยรูซาเล็มอาติโชค [5,9]

งานวิจัยนี้ มีเป้าหมายในการศึกษาปัจจัยการสกัดฟรักแทน โดยการใช้ น้ำกลั่นและการใช้เอนไซม์ทางการค้าจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ เอนไซม์เซลลูเลสและเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส กำหนดระยะเวลาการสกัดที่ 1, 3 และ 5 ชั่วโมง เพื่อเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้ผลิตหน่อไม้ฝรั่ง ที่จะเป็นแนวทางในการเพิ่มผลตอบแทนทางเศรษฐกิจและจะพบกับความท้าทายด้านสิ่งแวดล้อม ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ ใช้รากหน่อไม้ฝรั่งสดเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม อายุ 4 ปี จากแหล่งปลูกในจังหวัดเพชรบูรณ์ นำมาล้างทำความสะอาด แขนในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 6 พีพีเอ็ม (ppm) หั่นเป็นชิ้นความยาว 1-2 ซม. บรรจุในถุงพลาสติก เก็บตัวอย่างในห้องแช่แข็งที่อุณหภูมิ -19 องศาเซลเซียส (ซ.) เพื่อรอการ

สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอนไซม์ทางการค้า 2 ชนิด คือ เอนไซม์เซลลูเลสและเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส จากบริษัท Reach Biotechnology จำกัด (ประเทศไทย)

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. การสกัดฟรักแทนจากรากหน่อไม้ฝรั่งด้วยน้ำกลั่น

การสกัดฟรักแทนจากรากหน่อไม้ฝรั่งด้วยน้ำกลั่น [5] โดยนำรากหน่อไม้ฝรั่งสดปั่นผสมกับน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 ± 5 ซ. (เพื่อป้องกันการทำงานของเอนไซม์) ในอัตราส่วนรากต่อน้ำสะอาด 1:2 (w/w) ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 80 ± 2 ซ. กวนด้วยเครื่องกวนผสมสารที่ความเร็วรอบ 700 rpm กำหนดระยะเวลาการสกัดที่ 1, 3 และ 5 ชั่วโมง นำสารสกัดที่ได้กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 (ความละเอียด 11 ไมครอน)

2. การสกัดฟรักแทนจากรากหน่อไม้ฝรั่งด้วยเอนไซม์

2.1 การสกัดฟรักแทนจากรากหน่อไม้ฝรั่งด้วยเอนไซม์เซลลูเลส

นำรากหน่อไม้ฝรั่งสดปั่นผสมกับน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 ± 5 ซ. ในอัตราส่วนรากต่อน้ำกลั่น 1:2 โดยน้ำหนัก (w/w) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 45 ± 2 ซ. เติมเอนไซม์ลงไป กำหนดความเข้มข้นของเอนไซม์ ที่ 1% (w/w) กวนด้วยเครื่องกวนผสมสารที่ความเร็วรอบ 700 rpm กำหนดระยะเวลาการสกัดที่ 1, 3 และ 5 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลานำสารให้อุณหภูมิที่ 85 ± 2 ซ. เวลา 10 นาที เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์และกรองสารสกัดผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 (ความละเอียด 11 ไมครอน)

2.2 การสกัดฟรักแทนจากรากหน่อไม้ฝรั่งด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส

นำรากหน่อไม้ฝรั่งสดปั่นผสมกับน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 ± 5 ซ. ในอัตราส่วนรากต่อน้ำกลั่น 1:2 โดยน้ำหนัก (w/w) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 70 ± 5 ซ. เติมเอนไซม์ลงไปโดยกำหนดความเข้มข้นของเอนไซม์ ที่ 1% (w/w) กวนด้วยเครื่องกวนผสมสารที่ความเร็วรอบ 700 rpm กำหนดระยะเวลาการสกัดที่ 1, 3 และ 5 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วนำสารสกัดให้อุณหภูมิที่ 85 ± 2 ซ. เวลา 10 นาที และกรองสารสกัดผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1

นำสารสกัดฟรักแทนทั้งหมดที่ได้จากการสกัดบรรจุลงในขวดพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -19 ซ. ก่อนการวิเคราะห์ นำสารสกัดให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 ± 2 ซ. จนสารสกัดละลายดีและวางไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จึงนำสารสกัดฟรักแทนทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ ต่อไป

3. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของสารสกัดฟรักแทน

ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารสกัดฟรักแทน ดังนี้ 1) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%TSS) ด้วยเครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (refractometer) ยี่ห้อ ATAGO รุ่น MASTER 20M 2) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ยี่ห้อ OHAUS STARTER 3100 รุ่น Seven easy 3) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วยวิธีฟีนอล-ซัลฟิวริก (Phenol-sulfuric) 5) วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี Dinitrosalicylic acid (DNS) 6) ปริมาณฟรุกโตสทั้งหมดด้วยเครื่องวิเคราะห์สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-VIS Spectrophotometer) รุ่น 2900 ยี่ห้อ Hitachi 6) ปริมาณฟรักแทนทั้งหมดด้วยชุดทดสอบอย่างง่าย Fructan Assay Kit ยี่ห้อเมกาไซม์ (Megazyme) ประเทศไอร์แลนด์ [10]

ทำการเปรียบเทียบปัจจัยของระยะเวลาที่ทำการศึกษาต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณฟรักแทน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ $p=0.5$ ด้วยซอฟต์แวร์ IBM SPSS Statistics เวอร์ชัน 26 SPSS,USA.

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการทดลองสกัดฟรักแทนจากรากหน่อไม้ฝรั่งสดที่เหลือทิ้งจากกระบวนการเพาะปลูก โดยการใช้ น้ำกลั่นและเอนไซม์ทางการค้า 2 ชนิด ที่ระยะเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ได้ผลการทดลอง

แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของการสกัดด้วยน้ำกลั่นมีค่าสูงสุดอยู่ที่ $5.00 \pm 0.00\%$ รองลงมาคือสกัดด้วยเอโนไซม์เซลลูเลส ($4.00 \pm 0.00\%$) และสุดท้ายคือสกัดด้วยเอโนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ($3.00 \pm 0.00\%$) ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าเวลาในการสกัดพริกแทนด้วยน้ำและเอโนไซม์เซลลูเลสที่ระยะเวลาสั้นขึ้นส่งผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.32-5.75 และ 5.00-5.25 ตามลำดับ โดยเฉพาะการสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิสูง (80 ± 2 °C.) อาจเกิดการสกัดได้อย่างสมบูรณ์จึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 5 ลดลงอย่างมาก ในขณะที่ การสกัดด้วยเอโนไซม์แอลฟา-อะไมเลส พบว่าการสกัดที่เวลานานขึ้นมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างที่เพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 5.23-5.45 การย่อยด้วยเอโนไซม์เซลลูเลสและอัลฟา-อะไมเลสเกิดการตัดพันธะบริเวณหมู่ไฮดรอกซิลและและคาร์บอกซิลของสารละลายหน่อไม้ฝรั่ง ซึ่งเซลลูเลสมีอัตราการย่อยสลายของเอโนไซม์สูงกว่าอัลฟา-อะไมเลส [11] นอกจากนี้ อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดตามสภาวะที่เหมาะสมของเอโนไซม์แต่ละชนิดที่ต่างกันส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ได้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งเอโนไซม์แต่ละชนิดจะมีความจำเพาะต่อซับสเตรตต่างกันและก่อให้เกิดผลผลิตที่ต่างกันด้วย [11] นอกจากนี้การสกัดด้วยเอโนไซม์เซลลูเลสที่อุณหภูมิต่ำ (45 ± 2 °C.) อาจเกิดกระบวนการหมักขึ้นต่อเนื้ออง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในสารสกัด แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า การสกัดด้วยน้ำกลั่นและการใช้เอโนไซม์เซลลูเลสที่เวลา 1 ชั่วโมง พบปริมาณน้ำตาลทั้งหมดไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 41.06 ± 1.36 ถึง 41.54 ± 2.02 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เช่นเดียวกับเวลาในการสกัดพริกแทนที่ 3 และ 5 ชั่วโมง พบปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยการใช้เอโนไซม์เซลลูเลสพบปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการสกัดพริกแทนด้วยน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้การสกัดพริกแทนด้วยเอโนไซม์แอลฟา-อะไมเลสที่เวลา 1 ชั่วโมง พบปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอยู่ที่ 33.81 ± 0.95 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อเทียบกับการสกัดพริกแทนด้วยน้ำและการใช้เอโนไซม์เซลลูเลส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากการศึกษาของหน่อไม้ฝรั่ง Isabel Viera-Alcaide [5] พบว่าสารสกัดส่วนรากหน่อไม้ฝรั่งมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอยู่ในช่วง 11.69 ถึง 16.44 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างสด และแต่ละในช่วงเดือนของการเก็บเกี่ยวรากหน่อไม้ฝรั่งจะส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกช่วงเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมดที่อาจเพิ่มขึ้น

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่าการสกัดพริกแทนด้วยเอโนไซม์เซลลูเลสพบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดอยู่ที่ 13.71 ± 0.26 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อเทียบกับเอโนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่น้อยกว่า ในระยะเวลาการสกัดพริกแทนที่เท่ากันคือที่เวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าการสกัดพริกแทนด้วยเอโนไซม์อาจได้ผลผลิตอื่นร่วมด้วย เนื่องจากเอโนไซม์ทางการค้าที่นำมาใช้มีคุณสมบัติในการย่อยคาร์โบไฮเดรตและเซลลูโลสเป็นหลัก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Aberoumand [12] ที่กล่าวว่าองค์ประกอบทางเคมีของหน่อไม้ฝรั่งพบปริมาณคาร์โบไฮเดรต 34.67% โปรตีน 32.69% ไฟเบอร์ 18.50% ไขมัน 10.70% และไขมัน 3.44% ตามลำดับ โดยเฉพาะการใช้เอโนไซม์เซลลูเลสอาจได้ผลผลิตเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหรือเซลโลไบโอส (Cellobiose) ที่เป็นไดแซ็กคาไรด์ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส 2 โมเลกุลต่อกันด้วยพันธะปีตา 1,4 ไกลโคไซด์ มีสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ เซลโลไบโอสอิสระจะไม่พบในธรรมชาติสามารถผลิตเซลโลไบโอสได้โดยการไฮโดรไลซ์เซลลูโลสด้วยเอโนไซม์เซลลูเลส [13] ทั้งนี้การสกัดที่เวลานานขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มลดลงและคงที่ในช่วง 3 เป็นต้นไป อย่างไรก็ตามการสกัดพริกแทนด้วยน้ำพบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อยู่ในช่วง 5.32 ± 0.12 ถึง 5.68 ± 0.35 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการสกัดที่นานขึ้นเช่นเดียวกับการใช้เอโนไซม์ทางการค้า ซึ่งต่างจากงานวิจัยของ สุดารัตน์ [14] ที่ศึกษาผลของกระบวนการอัลตราซาวด์ร่วมกับความร้อนต่อการสกัดโพลีแซคคาไรด์จากเห็ดหัวลิงพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสกัดมากขึ้นมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มสูงขึ้นด้วย และเนื่องจากวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ต่างกัน นอกจากนี้ ได้มีรายงานว่า น้ำตาลรีดิวซ์คือน้ำตาลที่มีหมู่แอลดีไฮด์ (aldehyde) หรือคีโตน (ketone) ที่เป็นอิสระอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลและถูกออกซิไดส์ได้ง่าย น้ำตาลกลุ่มนี้ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส (glucose) น้ำตาลกาแล็กโทส (galactose) น้ำตาลฟรุคโทส (fructose)

ซึ่งสอดคล้องกับโครงสร้างของอินนูลินยังเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลฟรุกโตสที่เชื่อมต่อกันเป็นเส้นตรงมีปลายด้านหนึ่งเป็นกลูโคสที่เชื่อมต่อกับฟรุกโตส ดังนั้นในการสกัดที่ใช้ความร้อนอาจส่งผลต่อการได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวร่วมด้วย [15]

ค่าปริมาณฟรุกโตสของการสกัดด้วยน้ำและการใช้เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ที่เวลา 1 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกันอยู่ที่ 3.40 ± 0.11 และ 3.39 ± 0.05 กรัม/100 กรัมตัวอย่างสด นอกจากนี้ การสกัดฟรักแทนด้วยน้ำที่เวลา 1 ถึง 5 ชั่วโมง พบปริมาณฟรุกโตสสูงสุดในช่วง 3.20 ± 0.03 ถึง 3.40 ± 0.11 กรัม/100 กรัมตัวอย่างสด และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการสกัดฟรักแทนด้วยน้ำและการใช้เอนไซม์ พบว่า เวลาการสกัดที่นานขึ้นส่งผลให้ปริมาณฟรุกโตสมีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Cai [16] พบว่าในการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จาก *Opuntia milpa alta* โดยใช้อุณหภูมิสูงและเวลานานขึ้นผลผลิตในการสกัดที่ได้จะลดลงเนื่องจากเกิดจากการไฮโดรไลซิสของพอลิแซ็กคาไรด์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟรักแทนทั้งหมดในสารสกัด พบว่า การสกัดด้วยน้ำส่งผลให้ปริมาณฟรักแทนมากที่สุดอยู่ในช่วง 2.88 ± 0.01 ถึง 3.17 ± 0.10 กรัม/100 กรัมตัวอย่างสด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Isabel [5] ที่พบว่าสารสกัดส่วนรากของหน่อไม้ฝรั่งมีปริมาณฟรักแทนอยู่ในช่วง 0.92 ถึง 12.53 กรัม ต่อ 100 กรัมสด และในแต่ละช่วงเดือนของการเก็บเกี่ยว รากหน่อไม้ฝรั่งส่งผลต่อปริมาณฟรักแทนที่ได้เช่นเดียวกัน เมื่อเทียบกับการใช้เอนไซม์ทางการค้าในการสกัดที่ส่งผลให้ปริมาณฟรักแทนลดลงและมีค่าอยู่ในช่วง 1.54 ± 0.01 ถึง 1.89 ± 0.03 กรัม/100 กรัมตัวอย่างสด ในสารสกัดฟรักแทนด้วยเอนไซม์เซลลูเลส และมีค่าอยู่ในช่วง 1.48 ± 0.01 ถึง 1.81 ± 0.02 กรัม/100 กรัมตัวอย่างสด ในสารสกัดฟรักแทนด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเฉพาะการใช้เอนไซม์เซลลูเลส จะทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์โมเลกุลของเซลลูโลสได้เป็นเซลโลไบโอส ซึ่งเป็นไดแซ็กคาไรด์และเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส จะไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคไซด์ภายในสายพอลิเมอร์ของโมเลกุลสตาร์ชและไกลโคเจนที่ตำแหน่งแอลฟา 1-4 แบบสุ่ม ทำให้โมเลกุลของสตาร์ชและไกลโคเจนถูกไฮโดรไลซ์เปลี่ยนเป็นน้ำตาล เช่น น้ำตาลมอลโทส (maltose) และกลูโคส (glucose) ได้อย่างรวดเร็ว [17] ดังนั้นการใช้เอนไซม์ทางการค้าเพื่อสกัดฟรักแทนอาจเกิดปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์สารสกัดจนได้น้ำตาลโมเลกุลที่มีขนาดเล็กหรือเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลกลูโคสได้ เนื่องจากโครงสร้างของอินนูลินประกอบด้วยฟรุกโตสประมาณร้อยละ 80 และกลูโคสประมาณร้อยละ 20 [18]

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของสารสกัดฟรักแทนที่ได้

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการสกัด (ชั่วโมง)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%TSS)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส (กรัม/100 กรัมตัวอย่างสด)	ปริมาณฟรักแทนทั้งหมด (กรัม/100กรัมตัวอย่างสด)
น้ำสะอาด	1	5.00 ± 0.00^a	5.75 ± 0.00^a	41.54 ± 2.02^a	5.68 ± 0.35^d	3.40 ± 0.11^a	3.17 ± 0.10^a
	3	5.00 ± 0.00^a	5.54 ± 0.01^b	33.71 ± 1.42^c	5.32 ± 0.12^e	3.24 ± 0.06^{bc}	2.97 ± 0.07^b
	5	5.00 ± 0.00^a	5.32 ± 0.00^d	33.68 ± 0.51^c	5.44 ± 0.03^{de}	3.20 ± 0.03^{bcd}	2.88 ± 0.01^b
เซลลูเลส (Cellulase)	1	4.00 ± 0.00^b	5.25 ± 0.00^f	41.06 ± 1.36^a	13.71 ± 0.26^a	3.03 ± 0.06^e	1.89 ± 0.03^c
	3	4.00 ± 0.00^b	5.12 ± 0.00^h	38.44 ± 1.74^b	8.71 ± 0.13^b	3.30 ± 0.06^{ab}	1.79 ± 0.01^c
	5	4.00 ± 0.00^b	5.00 ± 0.00^i	37.45 ± 2.10^b	8.67 ± 0.07^b	3.16 ± 0.05^{cd}	1.54 ± 0.01^d
แอลฟา-อะไมเลส (Alpha-amylase)	1	3.00 ± 0.00^c	5.23 ± 0.00^g	33.81 ± 0.95^c	8.18 ± 0.23^c	3.39 ± 0.05^a	1.81 ± 0.02^c
	3	3.00 ± 0.00^c	5.30 ± 0.00^e	30.90 ± 1.40^d	7.99 ± 0.07^c	3.11 ± 0.04^{de}	1.49 ± 0.00^d
	5	3.00 ± 0.00^c	5.45 ± 0.00^c	36.35 ± 0.13^b	7.95 ± 0.20^c	3.10 ± 0.09^{de}	1.48 ± 0.01^d

หมายเหตุ รายงานค่าทั้งหมดเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-h} คือ ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

นอกจากนี้ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อปริมาณฟรักแทนที่ได้ กล่าวคือเมื่อระยะเวลาการสกัดที่นานขึ้นด้วยน้ำหรือด้วยเอนไซม์ทางการค้า ส่งผลให้มีค่าปริมาณฟรักแทนที่ได้อาจมีแนวโน้มที่ลดลงจากเดิม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งแปรผกผันกับงานวิจัยของ Salazar-Leyva *et al.* [19] ที่ทำการศึกษาระยะเวลาในการสกัดฟรักแทนจากว่านหางจระเข้ พบว่าระยะเวลาส่งผลต่อปริมาณฟรักแทนที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่เวลา 3 ชั่วโมงแรกและเมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ผลผลิตในการสกัดฟรักแทนจะลดลง มีการศึกษาก่อนหน้านี้ รายงานว่าเวลาในการสกัดที่มากเกินไปทำให้ผลผลิตในการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ลดลง เนื่องจากเป็นเพราะการไฮโดรไลซิสของโมเลกุลคาร์โบไฮเดรต [17, 20]

สรุปผลการวิจัย

ผลของการสกัดฟรักแทนจากรากหน่อไม้ฝรั่งเหลือทิ้งจากกระบวนการเกษตรด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่นและเอนไซม์ทางการค้า 2 ชนิด ต่อคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของสารสกัด พบว่า สภาวะในการสกัดฟรักแทนที่เหมาะสม คือ การสกัดด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 80 ± 2 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง ให้ปริมาณฟรักแทนมากที่สุดอยู่ที่ 3.17 ± 0.10 กรัม/100 กรัมตัวอย่างสด และให้ประสิทธิภาพในการสกัดฟรักแทนได้ดีกว่าการใช้เอนไซม์เซลลูเลส (Cellulase) หรือเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (alpha-amylase)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยในการสนับสนุนเครื่องมือการวิจัย ภายใต้ทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุน ววน. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). *ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร*. <https://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%95%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%AA%E0%B8%94%E0%B8%87%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%94%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%89%E0%B8%9D%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B9%88%E0%B8%87/TH-TH>.
- [2] มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี, วีรชัย ชุมแสงโชติสกุล, มาริษา นาวา, อนัญญา ปานทอง, และวรางคณา กิจพิพิธ. (2564). ผลของอาหารสัตว์ฟังก์ชั้นจากพรีไบโอติกส์และซินไบโอติกส์ที่เสริมด้วยเศษหน่อไม้ฝรั่งตัดแต่งเหลือทิ้งต่อประสิทธิภาพการย่อยได้ของโภชนะกรดไขมันที่ระเหยง่ายจุลินทรีย์ในไส้ตันและมิถุนวิทยาของลำไส้เล็กของไก่ไข่. *วารสารแก่นเกษตร*. 49(1): 241-257.
- [3] Slavin, J. (2013). Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrition*. *Nutrients*, 5(4): 1417-1435, <https://doi.org/10.3390/nu5041417>.
- [4] Viera-Alcaide, I., A. Hamdi, R. Rodríguez-Arcos, R. Guillén-Bejarano, & A. Jiménez-Araujo. (2020). Asparagus cultivation co-products: from waste to chance. *Journal of Food Science and Nutrition*. 6: 057. DOI: 10.24966/FSN-1076/100057.

- [5] Isabel Viera-Alcaide, Amel Hamdi, Rafael Guillén-Bejarano, Rocío Rodríguez-Arcos, Juan Antonio Espejo-Calvo and Ana Jiménez-Araujo. (2022). Asparagus Roots: From an Agricultural By-Product to a Valuable Source of Fructans. *National Library of Medicine. Foods*. 23;11(5): 652. doi: 10.3390/foods11050652.
- [6] Yoshida, M. Fructan Structure and Metabolism in Overwintering Plants. (2021) *Plants*, 10(5): 933, <https://doi.org/10.3390/plants10050933>.
- [7] Mellado-Mojica, E.; & López, M.G. (2012). Fructan Metabolism in A. Tequilana Weber Blue Variety along Its Developmental Cycle in the Field. *J Agric Food Chem*. 60(47): 11704-13. doi: 10.1021/jf303332n. Epub 2012 Nov 14.
- [8] Nobre, C.; Teixeira, J.A.; & Rodrigues, L.R. (2015). New Trends and Technological Challenges in the Industrial Production and Purification of Fructo-Oligosaccharides. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 55(10): 1444-55. doi: 10.1080/10408398.2012.697082.
- [9] Verma, D.K.; Patel, A.R.; Thakur, M.; Singh, S.; Tripathy, S.; Srivastav, P.P.; Chávez-González, M.L.; Gupta, A.K.; & Aguilar, C.N. (2021). A Review of the Composition and Toxicology of Fructans, and Their Applications in Foods and Health. *Journal of Food Composition and Analysis*, 99(1): 103884. DOI:10.1016/j.jfca.2021.103884.
- [10] Megazyme Fructan Assay Kit-Measurement of Fructan in Plants Food|Megazyme. (2022). <https://www.megazyme.com/fructan-assay-kit>.
- [11] ปราณี่ อ่านเปรื่อง. 2543. เอนไซม์ทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3 ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ, 440 หน้า.
- [12] Aberoumand, A. (2009). Proximate and mineral composition of the of marchubeh (*Asparagus officinalis*) in Iran. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 4 (2): 145-149, [https://idosi.org/wjdfs/wjdfs4\(2\)/10.pdf](https://idosi.org/wjdfs/wjdfs4(2)/10.pdf).
- [13] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (ม.ป.ป.). *Inulin / อินนูลิน*. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหาร: Food Network Solution. <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2068/>.
- [14] สุดารัตน์ ธิคำ, เพ็ญญา ทวะดี, ศิริวรรณ ใจสีคำ, และวรรณพร คลังเพชร. (2564). การสกัดโพลีแซคคาไรด์จากเห็ดหัวลิงด้วยกระบวนการอัลตราซาวด์ร่วมกับความร้อนและผลต่อการเจริญของแบคทีเรียกรดแลคติก. *วารสารเกษตรนเรศวร*, (ปีที่ 18 ฉบับที่ 1: e0180105).
- [15] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, และนิธิยา รัตนาปนนท์. (ม.ป.ป.). *Reducing sugar / น้ำตาลรีดิวซ์*. <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1056/reducing-sugar>.
- [16] Cai, W., Gu, X., & Tang, J. (2008). Extraction, purification, and characterization of the polysaccharides from *Opuntia milpa alta*. *Carbohydrate Polymers*, 71(3): 403-410, <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.06.008>.
- [17] วิราลีณี จันท์เป็ง, และนพพล เล็กสวัสดิ์. (ม.ป.ป.). *อะไมเลส (Amylase)*. สาขาวิศวกรรมกระบวนการอาหาร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. <https://www.agro.cmu.ac.th/absC/data/57/57-025.pdf>.

- [18] ยุทธชัย เพชรรัตน์ไพศาล. (2557). สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์จากแป้งมันสำปะหลัง. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. <http://www.repository.rmutt.ac.th/dspace/bitstream/123456789/2592/1/RMUTT-146712.pdf>.
- [19] Salazar-Leyva, J. A., Osuna-Ruiz, I., Rodriguez-Tirado, V. A., Zazueta-Patron, I. E., & Brito-Rojas, H. D. (2016). Optimization study of fructans extraction from *Agave tequilana* Weber azul variety. *Food Sci. Technol (Campinas)*, 36(4): <https://doi.org/10.1590/1678-457X.11216>.
- [20] Yin, G., & Dang, Y. (2008). Optimization of extraction technology of the *Lycium barbarum* polysaccharides by Box–Behnken statistical design *Carbohydrate Polymers*, 74(3), 603-610. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.04.025>.

การจำแนกชนิดหอยฝาเดียวน้ำจืดที่เป็นโฮสต์ของพยาธิใบไม้ตับด้วย Morphometric และ Barcode Taq Sequencing

จุฑารัตน์ กุลสันติวงศ์¹, พานทอง กุลสันติวงศ์¹, ศาสตราชัย ประสพดี² และสุชาติ สำรวยผล³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกชนิดของหอยฝาเดียวน้ำจืดที่เป็นโฮสต์ของพยาธิใบไม้ตับ (*Opisthorchis viverrini*) โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเปลือกหอยฝาเดียวน้ำจืด รวมทั้งการใช้เทคนิคมอร์โฟเมตริกแบบข้อมูลเชิงโครงสร้างและแบบกำหนดจุด และBT sequencing โดยใช้หอยตัวอย่างทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ *Bithynia funiculata*, *Bithynia siamensis siamensis* และ *Bithynia siamensis goniomphalos*

เมื่อทำการการศึกษาการจำแนกหอยฝาเดียวน้ำจืดโดยใช้สัณฐานวิทยาของเปลือกหอยฝาเดียวน้ำจืด พบว่า จำแนกได้ 3 ชนิด ได้แก่ *B. funiculata*, *B. siamensis siamensis* และ *B. siamensis goniomphalos* แล้วนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ผลโดยเทคนิคมอร์โฟเมตริก (Morphometric) ในโปรแกรม XYOM เพื่อจำแนก (Classify) และระบุ (Identify) ชนิดของหอยฝาเดียวน้ำจืดทั้งหมด 3 ชนิด แสดงให้เห็นว่าสามารถจำแนกหอยฝาเดียวน้ำจืด สามารถจัดกลุ่มหอยฝาเดียวน้ำจืดได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 *B. funiculata* กลุ่มที่ 2 *B. siamensis siamensis* และ *B. siamensis goniomphalos* โดยลักษณะที่ได้มีความใกล้เคียงกันก็จะจัดในกลุ่มเดียวกัน และผลจากการศึกษาโดยการสร้าง Phylogenetic Tree พบว่าหอยทั้ง 3 ชนิด สามารถแยกออกจากกันได้อย่างชัดเจน ส่วนผลการศึกษา Barcode Taq Sequencing พบความแตกต่างทางพันธุกรรมของหอยฝาเดียวทั้ง 3 ชนิดอยู่ระหว่าง 0-2.23% โดย *B. siamensis siamensis* และ *B. siamensis goniomphalos* มากกว่า *B. funiculata*

คำสำคัญ: โฮสต์กึ่งกลาง, มอร์โฟเมตริก, ดีเอ็นเอบาร์โค้ด

¹สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 41000

²ภาควิชาภูมิวิทยาการแพทย์ คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล 10400

³วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12120

Identification of Freshwater snails serve as Intermediate host of trematode by using Morphometric and Barcoding Taq Sequencing

Jutharat Kulsantiwong¹, Panthong Kulsantiwong¹Sattachai Prasopdee² and Suchada Sumruayphol³

Abstract

This research aims to identify freshwater snails that are intermediate hosts of *Opisthorchis viverrini*. Three species of freshwater snails (*Bithynia funiculata*, *Bithynia siamensis siamensis* and *Bithynia siamensis goniomphalos*) were used in this study using the morphological characteristics combined with morphometric techniques and BT sequencing. When studying freshwater snails identification using the shells morphology, three species were identified: *B. funiculata*, *B. siamensis siamensis* and *B. siamensis goniomphalos*. Morphometrics analysis was used in the program XYOM to classify all three freshwater snail species, showing that freshwater snails can be identified. The phylogenetic tree result found that freshwater snails can be grouped into Group 1, *B. funiculata*; Group 2, *B. siamensis siamensis* and *B. siamensis goniomphalos*. Similar characteristics will be classified in the same group. Moreover, the results from the study of creating a Phylogenetic tree found that all three freshwater snails can be separated. The Barcode Taq Sequencing showed that the genetic differences of the three species of freshwater snails were between 0-2.23%, with *B. siamensis siamensis* and *B. siamensis goniomphalos* more than *B. funiculata*.

Keywords: Intermedia host, Morphometric, Barcode Taq Sequencing

บทนำ

หอยฝาเดียวน้ำจืดจัดอยู่ในไฟลัมมอลลัสกา (Mollusca) จัดเป็นสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสัน มีถิ่นกำเนิดมาตั้งแต่ยุคแคมเบรียน เนื่องจากเป็นสัตว์ที่มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี [1] ลักษณะลำตัวอ่อนนิ่ม และมีเปลือกแข็ง (Shell) ห่อหุ้มภายนอกลำตัว โดยลำตัวปกคลุมด้วยเยื่อ แมนเทิล (Mantle) ภายในช่องปากมีโครงสร้างเป็นแผ่นไคตินบางๆ เรียกว่า แรดูลาร์ (Radula) ทำหน้าที่คล้ายฟันช่วยในการกินอาหาร มีเทนท์ทาเคิล (Tentacle) เป็นอวัยวะรับความรู้สึก ดำรงชีวิตแบบอิสระ กินอาหารพวกแพลงก์ตอน (Plankton) เศษอินทรีย์วัตถุ พืช และสัตว์ [2] พบการแพร่กระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาค ตั้งแต่บนยอดเขาสูง ในป่า สวน ไร่ นา แม่น้ำ ลำธาร และทะเล หอยฝาเดียวน้ำจืดจำแนกได้ 2 ประเภท คือ หอยฝาเดียวน้ำจืด (Class Gastropoda) และหอยสองฝา (Class Bivalvia) [3] หอยฝาเดียวน้ำจืดมีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ ด้านการแพทย์ บริโภคเป็นอาหาร ทั้งการใช้ประโยชน์ด้านทำข้าวของเครื่องใช้ เครื่องประดับ และบางชนิดสามารถเป็นโฮสต์ตัวกลางตัวที่หนึ่ง (First Intermediate host) ของโรคพยาธิใบไม้ตับ (*Opisthorchis viverrini*) หากรับประทานปลาที่สุกๆ ดิบๆ เข้าไป นอกจากนั้นหอยฝาเดียวน้ำจืดยังมีความสำคัญต่อระบบนิเวศด้านผู้ย่อยสลายซากอินทรีย์

การจำแนกหอยฝาเดียวน้ำจืดในปัจจุบันใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเปลือก รูปร่างของเปลือก ลวดลาย ลักษณะทางภูมิศาสตร์ แหล่งที่อยู่ และเทคนิคทางชีวโมเลกุล [4, 5, 6, 7] แต่อย่างไรก็ตามยังมีวิธีอื่นๆ ที่สามารถนำไปใช้ในการจำแนกหอยฝาเดียวน้ำจืดได้ซึ่งยังไม่มีใครศึกษามาก่อน ได้แก่เทคนิคมอร์โฟเมตริกส์ (Morphometrics) การศึกษารูปแบบทางสัณฐานวิทยาซึ่งอธิบายคุณสมบัติด้านขนาด และด้านรูปร่างของวัตถุหรือสิ่งที่สนใจ โดยที่คุณสมบัติของรูปแบบทางสัณฐานวิทยาของตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่สนใจจะถูกทำให้กลายเป็นลักษณะเชิงปริมาณ (Quantitative orientation) ลักษณะของข้อมูล และวิธีการนำเข้าสู่ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์มอร์โฟเมตริกส์ (Morphometrics) มี 2 แบบ คือ แบบข้อมูลเชิงจุดกำหนด (Landmark-based data) และแบบข้อมูลเชิงโครงร่าง (Outline-based data) ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นข้อมูลของเส้นรอบรูปที่แสดงถึงเค้าโครงของรูปร่างของวัตถุหรือโครงสร้างที่สนใจ นอกจากนี้ยังใช้ Barcode Taq Sequencing มาเปรียบเทียบความแตกต่างของหอยทั้ง 3 ชนิดด้วย

ดังนั้นการศึกษารังนี้ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาการจำแนกชนิดของหอยฝาเดียวน้ำจืด โดยใช้เทคนิคมอร์โฟเมตริกส์แบบข้อมูลเชิงโครงร่าง (Outline-based data) และแบบข้อมูลเชิงจุดกำหนด (Landmark-based data) ร่วมกับข้อมูล Barcode Taq Sequencing ของหอยฝาเดียวน้ำจืดทั้ง 3 ชนิด เพื่อเป็นประโยชน์ในการจำแนกชนิดของหอยฝาเดียว

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อจำแนกชนิดของหอยฝาเดียวน้ำจืดที่เป็นโฮสต์ของพยาธิใบไม้ตับ (*Opisthorchis viverrini*) โดยใช้เทคนิคมอร์โฟเมตริกส์และ Barcode Taq sequencing

วิธีดำเนินการ

1. ตัวอย่างหอยฝาเดียวน้ำจืด ใช้หอยตัวอย่าง 3 ชนิด ได้แก่ *Bithynia siamensis siamensis*, *B. siamensis goniomphalos* และ *B. funiculata* และจำแนกชนิดใช้ลักษณะรูปร่างภายนอก เช่น ลักษณะเปลือก สี และรูปร่างขนาด โดยอาศัยคู่มือของ [5, 8, 9] แล้วนำมาใช้ศึกษามอร์โฟเมตริกส์ และ Barcode Taq Sequencing
2. การศึกษามอร์โฟเมตริกส์ นำเปลือกหอยมาถ่ายได้กล้องสตอรี่โอโมโครสโคป จากนั้นถ่ายรูปแล้วนำไปลงข้อมูลโดยโปรแกรม XYOM (<https://xyom.io>) [10] โดยผ่านขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ 1. Digitization คือ ขั้นตอนการลงจุด จากนั้นเลือก

LANDMARKS เพื่อลงจุดแบบเชิงจุดกำหนด การกวด confirm แล้วอัพโหลดรูปภาพตัวอย่างหอยฝาเดียวน้ำจืดจากโทรศัพท์ลงโปรแกรม แล้วทำการรวมไฟล์ข้อมูลที่บ้านทีกไว้ในโทรศัพท์หลังจากที่ลงจุดเสร็จโดยนำไปรวมที่ Text Document ให้ครบทุกชนิด และระบุจำนวนตัวอย่างทั้งหมด จากนั้นบันทึกลงโทรศัพท์ (ใช้วิธีเช่นเดียวกันทั้งแบบเชิงโครงสร้างและแบบเชิงจุดกำหนด) จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอน 2. Characterization คือ ขั้นตอนการจัดกลุ่ม เข้าสู่ขั้นตอน 3. Classification คือ ขั้นตอนการจำแนกชนิด อัพโหลดไฟล์ของขั้นตอน Characterization จากโทรศัพท์ เพื่อจำแนกชนิดของหอยฝาเดียวน้ำจืด (ใช้วิธีเช่นเดียวกันทั้งแบบเชิงโครงสร้างและแบบเชิงจุดกำหนด) กวดบันทึกสายวิวัฒนาการหรือ Phylogenetic tree เพื่อนำไปสรุปผลวิจัย

3. การสกัด DNA ของหอยฝาเดียวน้ำจืด [8] นำตัวอย่างหอยที่เตรียมไว้มาทำการบดโดยใช้แท่งบดจากนั้นเติมสารละลาย CTAB ปริมาตร 600 ไมโครลิตร, สารละลาย Proteinase K (0.4 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) ปริมาตร 12 ไมโครลิตร และสารละลาย Mercapto ปริมาตร 1.2 ไมโครลิตร ตามลำดับ ใส่ลงในหลอดขนาด 1.5 มิลลิลิตร บดให้ละเอียดแล้วนำตัวอย่างหอยไปบดในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติมสารละลาย Phenol: Chloroform ในอัตราส่วน (1:1) หรือ 300 : 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที ดูดสารละลายส่วนบนใสในหลอดขนาด 1.5 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย Phenol: Chloroform: Isoamyl ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ในอัตราส่วน (25:24:1) ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที แล้วดูดสารละลายส่วนใสด้านบนใสในหลอดขนาด 1.5 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย Phenol: Chloroform: Isoamyl ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ในอัตราส่วน (25:24:1) ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที แล้วดูดส่วนสารละลายส่วนใสด้านบนใสในหลอดขนาด 1.5 มิลลิลิตร แล้วเติมเฉพาะ Chloroform ปริมาตร 400 ไมโครลิตร จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที แล้วดูดสารละลายใสส่วนบนออกมาใสในหลอดขนาด 1.5 มิลลิลิตร (หลอดใหม่) แล้วเติมสารละลาย Isopropanol ปริมาตร 150 ไมโครลิตร แล้วนำไปแช่เย็นทิ้งไว้ 20 นาที แล้วพลิกหลอดกลับไปกลับมา จะเกิดตะกอนขึ้น จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6000 rpm เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำมาล้างด้วยสารละลาย Alcohol ที่มีความเข้มข้น 70% ปริมาตรเท่ากับตัวอย่างที่มีในหลอด แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที แล้วทำการล้างซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยครั้งสุดท้ายจะล้างด้วยสารละลาย Absolute alcohol ที่มีความเข้มข้น 100% นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6000 rpm เป็นเวลา 10 นาที แล้วเทแอลกอฮอล์ทิ้งจากนั้นทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติมสารละลาย TBE บัฟเฟอร์ปริมาตร 100 ไมโครลิตร นำไปแช่ในตู้ -20 องศาเซลเซียส

4. การศึกษาลำดับเบสด้วยวิธี Barcode Taq Sequencing นำตัวอย่างดีเอ็นเอที่สกัดได้จากหอยน้ำจืด ไปเพิ่มปริมาตรดีเอ็นเอในปฏิกิริยา PCR โดยใช้ไพรเมอร์ ประกอบด้วยสารละลาย 10×PCR buffer ปริมาตร 5 ไมโครลิตร สารละลาย dNTP (10 mM) ปริมาตร 0.25 ไมโครลิตร สารละลาย MgCl₂ (50mM) ปริมาตร 2.5 ไมโครลิตร สารละลาย Forward primer (LCO1490) ความเข้มข้น 10mM ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร สารละลาย Reward primer (HCO2198) ความเข้มข้น 10 mM ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร Platinum Taq polymerase (5 unit/μl) ปริมาตร 0.24 ไมโครลิตร น้ำกลั่นปริมาตร 36.01 ไมโครลิตร และดีเอ็นเอปริมาตร 5 ไมโครลิตร มีปริมาตร รวมเท่ากับ 50 ไมโครลิตร หลังจากนั้นนำไปใส่เครื่องเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ (PCR machine) โดยปรับ condition ดังนี้ Initial denaturation 94°C เป็นเวลา 1 นาที Denaturation 94°C เป็นเวลา 30 วินาที Annealing 45°C เป็นเวลา 40 วินาที Extension 72°C เป็นเวลา 1 นาที Denaturation 94°C เป็นเวลา 30 วินาที Annealing 55°C เป็นเวลา 40 วินาที Extension 72°C เป็นเวลา 1 นาที Extension 72°C เป็นเวลา 10 นาที Hold 4°C หลังจากนั้นทำการตรวจวิเคราะห์การเพิ่มปริมาณ DNA ด้วยวิธีอิเล็กทรอนิกส์ [8] และทำการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอ

โอไทด์ด้วยวิธี (Barcode Taq Sequencing) และวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แก่ [11, 12, 13, 14, 15] และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของหอยแต่ละชนิด

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. **พื้นที่เก็บตัวอย่าง** การศึกษาครั้งนี้กำหนดพื้นที่ในการศึกษาตัวอย่างหอยฝาเดียวน้ำจืด 3 ชนิด ได้แก่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนี้

จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ตำบลท่าวังตาล อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ ค่าพิกัด N 18.72034° E 98.99588° สภาพแวดล้อมโดยทั่วไป เป็นทุ่งนาที่มีระดับน้ำสูง 10 – 15 เซนติเมตร ทุ่งนาอยู่ติดถนนและแหล่งชุมชน หอยเกาะอยู่ตามต้นหญ้าและฝั่งตัวอย่างได้โคลน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สถานที่เก็บตัวอย่างหอย *Bithynia funiculata*
(ตำบลท่าวังตาล อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่)

จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ตำบลบึงทองหลาง อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี ค่าพิกัด N 13.95186° E 100.82556° สภาพแวดล้อมโดยทั่วไป เป็นทุ่งนา และมีระดับน้ำในทุ่งนาประมาณ 5-9 เซนติเมตร จะพบหอยอยู่ตามขอบคันนา และฝั่งตัวอย่างได้โคลนในทุ่งนา บริเวณใกล้ทุกนาจะมีหมู่บ้าน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สถานที่เก็บตัวอย่างหอย *Bithynia siamensis siamensis*
(ตำบลบึงทองหลาง อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี)

จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ตำบลบ้านน้ำพัน อำเภอนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี ค่าพิกัด N 17° 20' 27.5" E 102° 33' 46.2" สภาพแวดล้อมเป็นแหล่งน้ำตื้นเขินห้วยหลวง พบหอยอาศัยบริเวณขอบแหล่งน้ำที่ระดับความลึกไม่เกิน 40 เซนติเมตร และพบพืชน้ำที่อาศัยได้แก่ สาหร่ายหางกระรอก จอกและแห่น สภาพดินเป็นดินทรายผสมดินโคลน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 สถานที่เก็บตัวอย่างหอย *Bithynia siamensis goniomphalos* (ตำบลบ้านน้ำพัน อำเภอนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี)

2. ผลการจำแนกหอยฝาเดียวน้ำจืดโดยใช้ลักษณะสัณฐานภายนอกของเปลือก

ผลการศึกษาสัณฐานวิทยาภายนอกของเปลือกร่วมกับแหล่งที่พบ สามารถจำแนกหอยฝาเดียวน้ำจืด ได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ *Bithynia siamensis siamensis*, *Bithynia siamensis goniomphalos* และ *Bithynia funiculata* โดยมีลักษณะต่างๆ ดังนี้

หอยขมจิ๋วไทย (*Bithynia siamensis siamensis*) ลักษณะเปลือกบาง มีนวารูปรวยรีสีน้ำตาลอ่อนหรือสีเขียวมะกอกผิวเปลือกเรียบ มีลวดลายยอดเปลือกแหลม ลักษณะการขดวนของเปลือก เป็นแบบวนขวา มีแผ่นเปลือกมีลวดลายเป็นวงเดี่ยวซ้อนกันหลายวง (Concentric) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 *Bithynia siamensis siamensis*

หอยไซ (*Bithynia siamensis goniomphalos*) ลักษณะสัณฐานวิทยาของเปลือก: พบว่าหอยมีรูปร่างเป็นกรวยเตี้ย สีน้ำตาล ผิวเรียบและเปลือกหนา มีฝาปิดสนิท บริเวณปลายยอดของหอยที่โตเต็มที่จะมีรอยผุกร่อน ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 *B. siamensis goniomphalos*

หอยขมจิ๋วสะตือลิก (*Bithynia funiculata*) ลักษณะสัณฐานวิทยาของเปลือก: เปลือกมีรูปร่างเป็นรูปทรงกรวย ยอดเรียวแหลม ขนาดเล็ก มีร่องระหว่างวงลิก ยอดเปลือกค่อนข้างทุ่ และสูง เปลือกบางผิวเรียบสีเหลืองปนน้ำตาล ปากเปลือกค่อนข้างกลมรี มีมุมที่ส่วนฐานของปากเปลือก ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 *B. funiculata*

3. ผลการศึกษาหอยฝาเดียวน้ำจืดโดยใช้เทคนิคออร์โทเมทริกส์ด้วยโปรแกรม XYOM

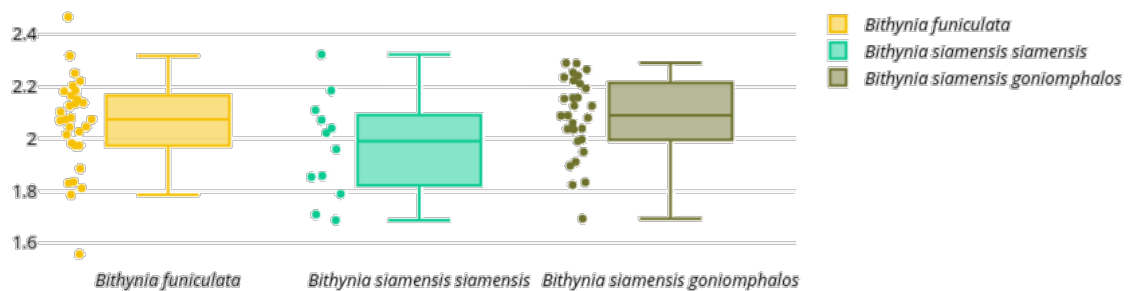
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการลงจุดแบบเชิงโครงร่าง (Outlines) พบว่าหอยฝาเดียวน้ำจืด

B. funiculata, *B. siamensis siamensis*, *B. siamensis oniomphalos* มีขนาดค่าเฉลี่ย (ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย (ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด) ขนาดรูปร่างจากการลงจุดแบบเชิงโครงสร้างของหอยฝาเดียวน้ำจืด ทั้ง 3 ชนิด

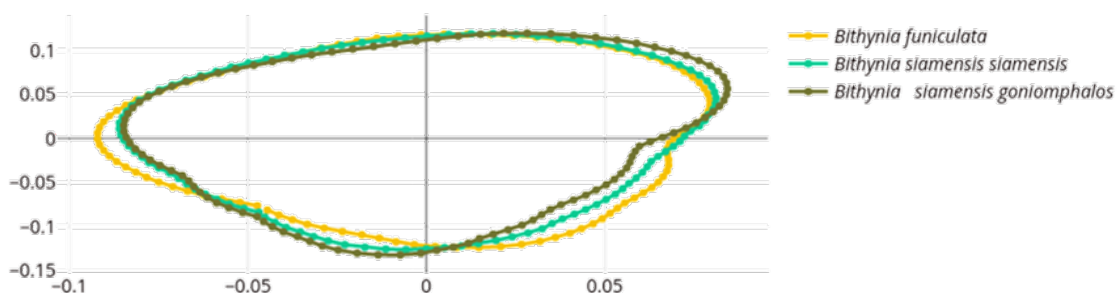
ชนิด	จำนวน (ตัว)	ค่าเฉลี่ย (ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด) ขนาดของหอยฝาเดียวน้ำจืด	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแตกต่างของหอยฝาเดียวน้ำจืด
<i>B. funiculata</i>	30	2.027 (2.47-1.56)	±0.18
<i>B. siamensis siamensis</i>	12	1.99 (2.22-1.69)	±0.18
<i>B. siamensis goniomphalos</i>	29	2.09 (2.29- 1.7)	±0.15

การกระจายขนาดของหอยฝาเดียวน้ำจืดแต่ละชนิดมีการกระจายขนาดที่ต่างกันตามจำนวนของตัวอย่าง และจะเห็นว่า *B. funiculata* มีบางตัวอย่างที่มีการกระจายขนาดออกจากกลุ่มชัดเจน ส่วน *B. siamensis siamensis*, *B. siamensis goniomphalos* มีการกระจายขนาดที่ไม่ชัดเจน มีลักษณะเกาะกลุ่มกัน ดังภาพที่ 7



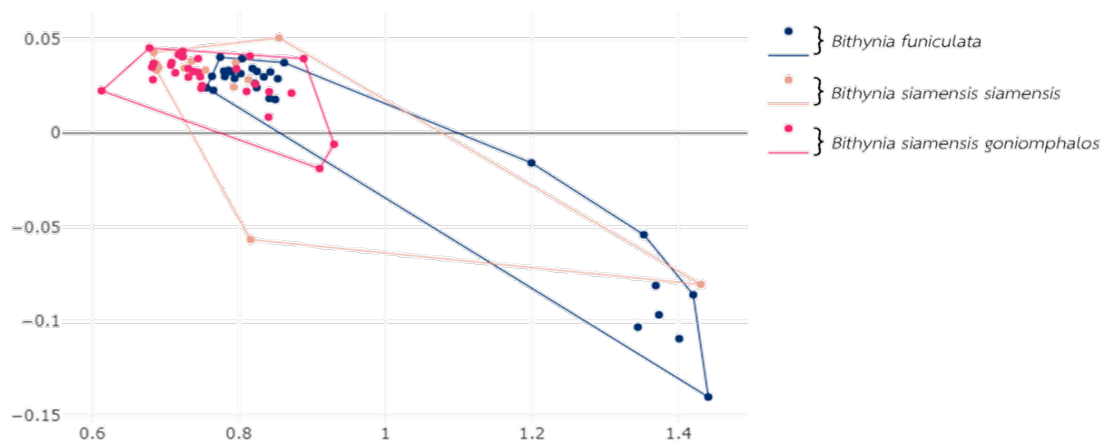
ภาพที่ 7 ค่าการกระจายขนาดของฝาเดียวน้ำจืด

ค่าเฉลี่ยการกระจายของหอยฝาเดียวน้ำจืดทั้ง 3 ชนิด พบว่า *B. funiculata* มีค่าเฉลี่ยการกระจายที่แตกต่างกัน แต่ *B. siamensis siamensis*, *B. siamensis goniomphalos* มีรูปร่างเฉลี่ยของขนาดใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีลักษณะของเส้นโครงร่างที่ทับซ้อนกัน ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 รูปร่างเฉลี่ยการลงจุดหอยฝาเดียวน้ำจืด

การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (Principal component analysis : PCA) ของหอยฝาเดียวน้ำจืด ทั้ง 3 ชนิด พบว่า หอยฝาเดียวน้ำจืดทั้ง 3 ชนิด มีการจัดกลุ่มที่อยู่ในขอบเขตเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ แต่จะมีส่วนที่บ่งบอกถึงลักษณะที่แตกต่างกันของหอยแต่ละชนิด ดังภาพที่ 9



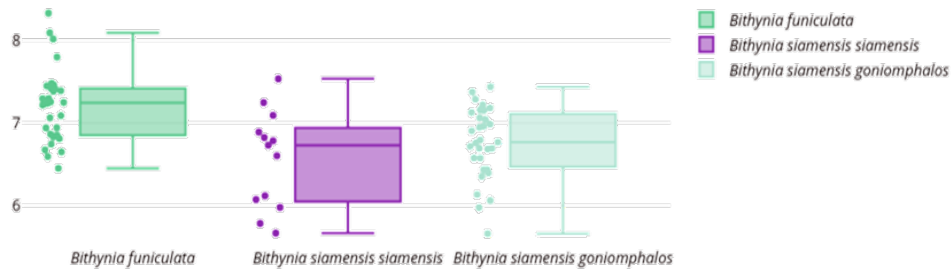
ภาพที่ 9 การวิเคราะห์ PCA ของหอยฝาเดียวน้ำจืดทั้ง 3 ชนิด

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการลงจุดแบบเชิงจุดกำหนด (Landmark) พบว่าหอยฝาเดียวน้ำจืด *B. funiculata*, *B. siamensis siamensis*, *B. siamensis goniomphalos* มีขนาดค่าเฉลี่ย (ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด) ดังตารางที่ 2

ชนิด	จำนวน (ตัว)	ค่าเฉลี่ย (ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด) ขนาดของหอยฝาเดียวน้ำจืด	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความแตกต่างของหอยฝาเดียวน้ำจืด
<i>B. funiculata</i>	30	7.24 (8.33-6.45)	±0.45
<i>B. siamensis siamensis</i>	13	6.73 (7.53-5.67)	±0.59
<i>B. siamensis goniomphalos</i>	31	6.77 (7.44- 5.66)	±0.43

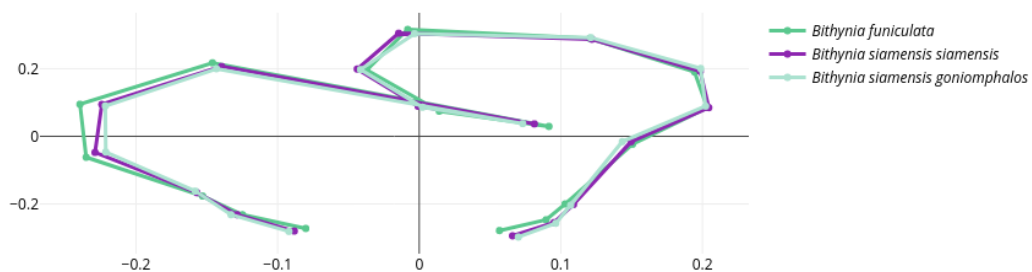
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย (ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด) ขนาดรูปร่างจากการลงจุดแบบเชิงโครงสร้างของหอยฝาเดียวน้ำจืดทั้ง 3 ชนิด

การกระจายขนาดของข้อมูล พบว่า *B. funiculata* มีบางตัวอย่างที่มีการกระจายขนาดแตกต่างชัดเจน ส่วน *B. siamensis siamensis* และ *B. siamensis goniomphalos* มีการกระจายขนาดที่ไม่ชัดเจน มีลักษณะเกาะกลุ่มกัน ดังภาพที่ 10



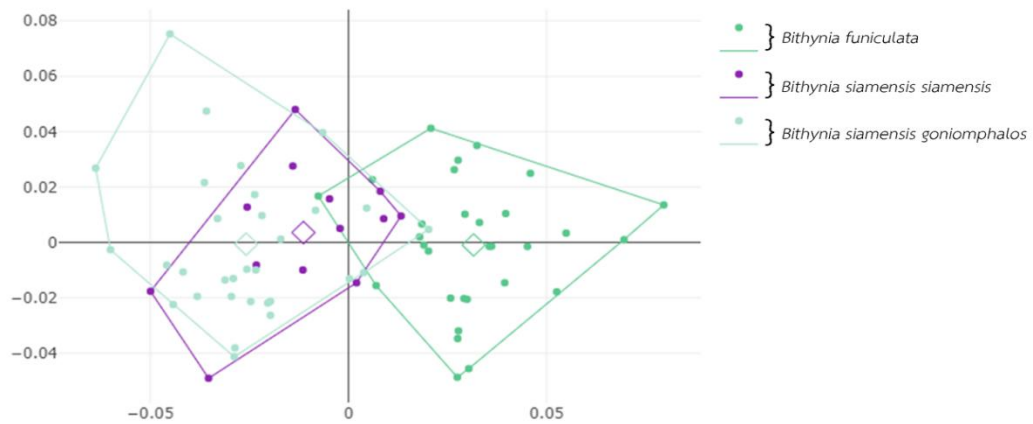
ภาพที่ 10 ค่าการกระจายขนาดของฝ้ายเดี่ยวน้ำจืด

ค่าเฉลี่ยการกระจายของหอยฝ้ายเดี่ยวน้ำจืดทั้ง 3 ชนิด พบว่า *B. funiculata* มีค่าเฉลี่ยการกระจายที่แตกต่างกันมีลักษณะรูปร่างใหญ่กว่าสังเกตจากเส้นที่เกินออกไป แต่ *B. siamensis siamensis*, *B. siamensis goniomphalos* มีรูปร่างเฉลี่ยของขนาดใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีลักษณะของเส้นโครงร่างที่ทับซ้อนกัน ดังภาพที่ 11



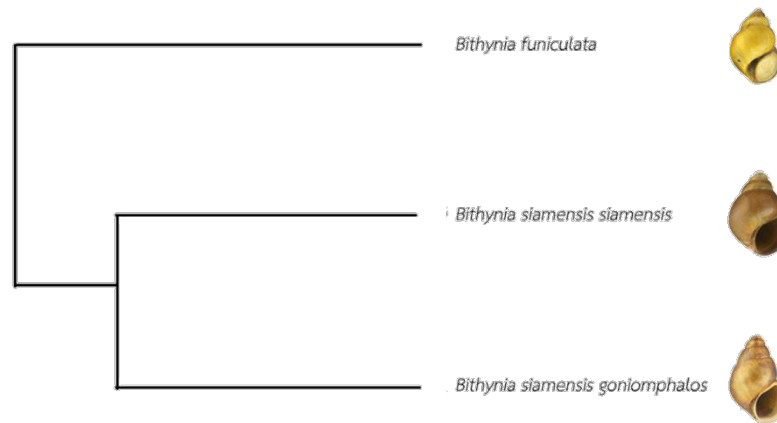
ภาพที่ 11 รูปร่างเฉลี่ยการลงจุดหอยฝ้ายเดี่ยวน้ำจืด

การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (Principal component analysis : PCA) ของหอยฝาเดียวน้ำจืด ทั้ง 3 ชนิด พบว่า หอยฝาเดียวน้ำจืดทั้ง 3 ชนิด มีการจัดกลุ่มที่อยู่ในขอบเขตเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ แต่จะมีส่วนที่ชี้ออกมาของแต่ละจุดที่บ่งบอกถึงลักษณะที่แตกต่างกันของหอยแต่ละชนิด ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 การวิเคราะห์ PCA ของหอยฝาเดียวน้ำจืด ทั้ง 3 ชนิด

การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต (Phylogenetic tree) แบบโครงร่างและกำหนดจุด พบว่าสามารถจัดกลุ่มของหอยฝาเดียวน้ำจืด เป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 ได้แก่ *B. funiculata* และกลุ่มที่ 2 ได้แก่ *B. siamensis siamensis*, *B. siamensis goniomphalos* โดยมีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกัน ซึ่งแยกออกจากกลุ่มที่ 1 ได้อย่างชัดเจนทั้ง 2 แบบ ดังภาพที่ 13

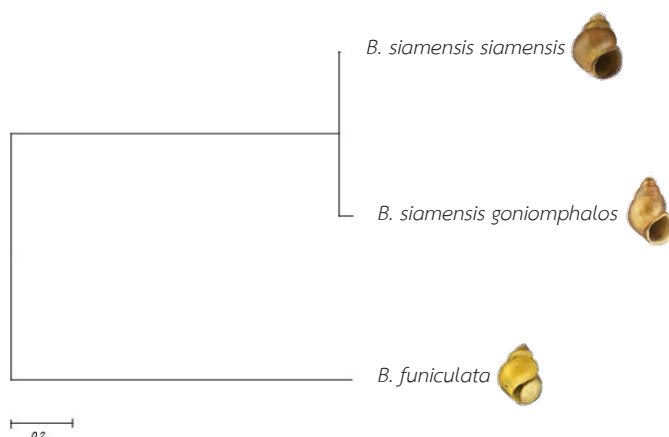


ภาพที่ 13 Phylogenetic tree ของการลงจุดแบบ Out line และ Landmark ของหอยฝาเดียวน้ำจืด

จากผลการศึกษาในการจำแนกชนิดหอยฝาเดียวน้ำจืดทั้ง 3 ชนิด โดยใช้สัณฐานวิทยาของเปลือกและใช้มอร์โฟเมตริกส์จะพบว่าการใช้มอร์โฟเมตริกส์สามารถจำแนกชนิดหอยฝาเดียวน้ำจืดออกจากกันแต่อย่างไรก็ตามสำหรับ *B. siamensis siamensis* และ *B. siamensis goniomphalos* ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการพบว่าจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน แต่เมื่อดูจากการวิเคราะห์ PCR จะสามารถเห็นความแตกต่างของหอยฝาเดียวน้ำจืดทั้ง 2 ชนิดว่ามีความแตกต่างกัน ซึ่งสามารถพบได้ในการศึกษากับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในงานวิจัยที่ผ่านมา [16]

4. ผลการศึกษาหอยฝาเดียวน้ำจืดโดยใช้ Barcode Taq Sequencing

จากผลการศึกษาลำดับเบสของหอยฝาเดียวน้ำจืดที่ได้จากการทำ Barcode Taq Sequencing (บริษัท U2Bio) พบว่า ความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างหอยฝาเดียวน้ำจืดทั้ง 3 ชนิด มีค่า pairwise genetic distance มีค่าอยู่ระหว่าง 0-2.23% โดยหอยฝาเดียวน้ำจืด *B. siamensis siamensis* มีลำดับทางพันธุกรรมคล้ายกับ *B. siamensis goniomphalos* มากที่สุด และเมื่อนำมาศึกษาความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการพบว่า หอยฝาเดียวน้ำจืด *B. siamensis siamensis* มีความใกล้เคียงกับ *B. siamensis goniomphalos* ส่วน *B. funiculata* มีความแตกต่าง (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 Phylogenetic tree ของหอยฝาเดียวน้ำจืดทั้ง 3 ชนิด โดยใช้ Neighbor-Joining method จากผลของ Barcode Taq Sequencing

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการจำแนกหอยฝาเดียวน้ำจืด 3 ชนิด ได้แก่ *B. funiculata*, *B. siamensis siamensis* และ *B. siamensis goniomphalos* โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาของเปลือก และแหล่งที่พบ

จากการศึกษาการจำแนกหอยฝาเดียวน้ำจืดโดยเทคนิคมอร์โฟเมตริกส์ พบว่า สามารถจัดกลุ่มหอยฝาเดียวน้ำจืดได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 *B. funiculata* กลุ่มที่ 2 *B. siamensis siamensis* และ *B. siamensis goniomphalos* โดยมีผลการศึกษาครั้งนี้ ค่าการศึกษากระจายขนาดของหอยฝาเดียวน้ำจืดจะพบว่ามีความใกล้เคียงกันทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ *B. siamensis siamensis* และ *B. siamensis goniomphalos* ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าหอยชนิดอื่นที่นำมาศึกษา ค่าการศึกษาการกระจายโครงร่างหอยฝาเดียวน้ำจืดทั้ง 3 ชนิด พบว่าตัวอย่างหอยฝาเดียวน้ำจืดที่นำมาศึกษามีขนาดที่ใกล้เคียงกันโดยที่มีลักษณะเส้นโครงร่างค่อนข้างทับซ้อน แต่มี 1 ชนิดที่มีโครงร่างต่างไป คือ *B. funiculata* เนื่องจากที่มีลักษณะโครงร่างที่ต่างจากหอยชนิดอื่นเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ พิชญา ประทุมทอง (2563) พบว่าให้ผลที่ไม่แตกต่างกันในกลุ่มของ *B. funiculata* และ *B. siamensis* พบว่ามีความคล้ายคลึงกันทั้ง 2 ชนิด คือ *B. siamensis siamensis* และ *B. siamensis goniomphalos* ส่วนผลการศึกษา Barcode Taq Sequencing พบว่า *B. siamensis siamensis* กับ *B. siamensis goniomphalos* มีความคล้ายคลึงกันมากกว่า *B. funiculata* ซึ่งจะเห็นได้ว่า ผลการศึกษาทั้งมอร์โฟเมตริกส์และ Barcode Taq Sequencing จะให้ผลการศึกษาเหมือนกัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีโดยการสนับสนุนจากงบประมาณสนับสนุนกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กองทุน ววน.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 และงบประมาณด้าน ววน. ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2566 และขอขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ และนักศึกษาผู้ช่วยวิจัยทุกคน ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการและความช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] วิสุทธิ์ ใบไม้. (2538). สถานภาพ ความหลากหลายทางชีวภาพ ในประเทศไทย (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- [2] ผุสดี ศรีอรุณ. (2547). เอกสารประกอบการสอน “สัณฐานวิทยาของหอย”. ภาควิชาเวชศาสตร์ สังคมและสิ่งแวดล้อม คณะเวชศาสตร์เขตรอน มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ.
- [3] สุชาติ อุปถัมภ์, มาลียา เครือตราชู, เยาวลักษณ์ จิตรามวงศ์, และศิริวรรณ จันทเดมีย์. (2538). สัณฐานวิทยา (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ศักดิ์โสภารพิมพ์.
- [4] Kulsantiwong J, Prasopdee S, Piratae S, Khampoosa P, Thammasiri C, Suwannatrai A, Boonmars T, Viyanant V, Ruangsittichai J, Tarbsripair P, Tesana S. Trematode infection of freshwater snail, family bithyniidae in Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health 2015; 46: 396-405.
- [5] Kulsantiwong J, Prasopdee S, Ruangsittichai J, Ruangjirachuporn W, Boonmars T, Viyanant V, Pierossi P, Hebert PDN, Tesana S. DNA barcode identification of freshwater snails in the family Bithyniidae from Thailand. PLoS ONE 2013; 8 e79144.
- [6] Kulsantiwong J, Prasopdee S, Piratae S, Khampoosa P, Suwannatrai A, Duangprompo W, Boonmars T, Ruangjirachuporn W, Ruangsittichai J, Viyanant V, Hebert, PDN, Tesana S. Species-specific primers designed from RAPD products for Bithynia funiculata, the first intermediate host of liver fluke, Opisthorchis viverrini in north Thailand. Journal of Parasitology 2013; 99: 433-437.
- [7] Kulsantiwong J. Identification of snail species of family Bithyniidae in Thailand by DNA barcoding and specific primer PCR. [Doctoral Thesis in Parasitology]. Khon Kaen: The Graduate School, Khon Kaen University; 2013.
- [8] Brandt RAM. The non-marine aquatic Mollusca of Thailand. Arch Mollusken 1974; 105: 1- 423.
- [9] Upatham ES, Sornmani S, Kitikoon V, Lohachit C, Burch JB. Identification key for the fresh-and brackish-water snails of Thailand. Malacol Rev 1983; 16: 107-132.
- [10] Dujardin S, Dujardin JP. Geometric morphometrics in the cloud. Infect Genet Evol. 2019 Jun; 70:189-196. doi: 10.1016/j.meegid.2019.02.018. Epub 2019 Feb 19.
- [12] Hall T. BioEdit Sequence Alignment Editor for Windows 95/98/NT/XP. [online]1999 [cited 2009 October 3]. Available from: <http://www.mbio.ncsu.edu/BioEdit/bioedit.html>

- [13] Larkin MA, Blackshields G, Brown NP, Chenna R, McGettigan PA, McWilliam H, Valentin F, Wallace IM, Wilm A, Lopez R, Thompson JD, Gibson TJ, Higgins DG. Clustal W and Clustal X version 2.0. *Bioinformatics* 2007; 23: 2947-2948.
- [14]. Tamura K, Dudley J, Nei M, Kumar S. MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0. *Molecular Biology and Evolution* [online] 2007 [cited 2009 November 3]. Available from <http://www.megasoftware.net/>.
- [15] Rozas J, Sanchez-De I, Barrio JC, Messegyer X, Rosas R. DNAsp, DNA polymorphism analyses by the coalescent and other methods. *Bioinformatics* 2003; 19: 2496-2497.
- [16] Sumruayphol S, Chittsamart B, Polseela R, Sriwichai P, Samung Y, Apiwathnasorn C, Dujardin JP. Wing geometry of *Phlebotomus stantoni* and *Sergentomyia hodgsoni* from different geographical locations in Thailand. *C R Biol.* 2017 Jan;340(1):37-46. doi: 10.1016/j.crvi.2016.10.002. Epub 2016 Nov 24.

จุลกายวิภาคของอวัยวะของปลาหมอช้างเหยียบ *Pristolepis fasciata* Bleeker, 1851

อัคนี ผิวหอม^{1*} และ อรรคพล วณิกสัมพันธ์²

บทคัดย่อ

ปลาหมอช้างเหยียบเป็นปลาที่สำคัญในระดับประมงพื้นบ้าน ดังนั้น ความเข้าใจในกายวิภาคของระบบสืบพันธุ์จึงมีความสำคัญ งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาจุลกายวิภาคของอวัยวะของปลาหมอช้างเหยียบ โดยทำการเก็บตัวอย่างปลาเพศผู้ที่ได้เต็มวัยในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2566 จำนวน 10 ตัว นำมาทำสไลด์และผ่าหน้าท้องเพื่อนำอวัยวะมาผ่านขั้นตอนทางเนื้อเยื่อวิทยาและย้อมเนื้อเยื่อแผ่นบางด้วยสีฮีมาทอกไซลินและอีโอซิน ดูผลด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงเลนส์ประกอบ ผลการวิจัยพบว่า อวัยวะทั้ง 2 ข้างล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ภายในอวัยวะประกอบด้วยหลอดสร้างอสุจิ ซึ่งภายในมีเซลล์จำนวนมาก ในแต่ละเซลล์มีเซลล์สืบพันธุ์ที่เจริญในระยะที่ต่างกัน โดยเซลล์สืบพันธุ์แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ สเปิร์มาโทโกเนียม สเปิร์มาโทไซด์ สเปิร์มาทิดและสเปิร์มาโทซัว นอกจากนี้ ยังพบเซลล์เซอร์โทลีและเซลล์เลย์ดิกอีกด้วย จากผลการศึกษาที่พบเซลล์สเปิร์มาโทซัว ซึ่งเป็นเซลล์สืบพันธุ์ที่เจริญเต็มที่ในช่วงเวลาเก็บตัวอย่างนั้น สรุปได้ว่า เดือนที่ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงที่ปลาหมอช้างเหยียบมีการผสมพันธุ์ โดยผลการวิจัยที่ได้เป็นประโยชน์ในด้านการศึกษากายวิภาคของระบบสืบพันธุ์และยังทำให้ทราบเกี่ยวกับชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปลาหมอช้างเหยียบอีกด้วย

คำสำคัญ: เซลล์สืบพันธุ์ เนื้อเยื่อ ปลาหมอช้างเหยียบ อวัยวะ

¹ดร., สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

Dr., Department of Biology, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung Campus, 93110

*Corresponding author: Tel.: 088-2401721. E-mail address: pewhomakkanee@gmail.com

²ดร., สำนักนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

Microanatomy of the testes of Striped Tiger Nandid fish *Pristolepis fasciata* Bleeker, 1851

Akkanee Pewhom^{1*} and Akapon Vaniksampanna²

Abstract

The Striped Tiger Nandid fish is an important fish at the local fishery level. Therefore an understanding of the anatomy of the reproductive system is important. The objective of this study is to study microanatomy of the testis of Striped Tiger Nandid fish. The 10 adult male fishes were collected during February to April, 2023. The testes were removed then processed to be prepared for histological technique. The sections of testes were stained with hematoxylin and eosin. The tissue was observed and photographed under a light microscope. The results found that the testes are surrounded by connective tissue. In the testes contain many of seminiferous tubules. Inside the seminiferous tubules, there are many cysts but each cyst contains germ cells that develop at different stages. The germ cell could be divided into 4 stages namely, spermatogonium, spermatocyte, spermatids, and spermatozoa. In addition, sertoli and Leydig's cells are also found. According to the results of this study, spermatozoa were found at the time of sampling. It can be concluded that those month is the time of breeding. The results of this study are useful in microanatomy research of reproductive system and also to know about the reproductive biology of The Striped Tiger Nandid fish.

Keywords: germ cell, tissue, Striped Tiger Nandid fish, testis

บทนำ

อวัยวะเป็นอวัยวะที่มีหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และฮอร์โมน อวัยวะของปลากระดูกแข็งมีลักษณะเหมือนกับสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดอื่นๆ โดยภายในอวัยวะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ เนื้อเยื่ออินเตอร์สติเชียล (interstitial tissue) และเซลล์สืบพันธุ์ (germ cell) ซึ่งเซลล์สืบพันธุ์เจริญอยู่ในหลอดสร้างอสุจิ (seminiferous tubule) และเซลล์สืบพันธุ์แบ่งออกเป็นระยะต่าง ๆ ตามการเจริญ โดยการพบเซลล์สืบพันธุ์ที่อยู่ในระยะที่แตกต่างกันขึ้นกับอายุและวงจรการสืบพันธุ์ของปลาเพศผู้แต่ละชนิด (species) ส่วนบริเวณเนื้อเยื่ออินเตอร์สติเชียลประกอบด้วย เซลล์เลย์ดิก (Leydig's cell) หลอดเลือด (blood vessel) และหลอดน้ำเหลือง (lymphatic vessel) เซลล์แมคโครฟาจ (macrophage) เป็นต้น [15] นอกจากนี้ยังมีท่อที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบสืบพันธุ์ คือ ท่อลำเลียงอสุจิ (sperm duct) ซึ่งมีหน้าที่ในการลำเลียงเซลล์สืบพันธุ์ที่เจริญเต็มที่ออกสู่ภายนอกลำตัวปลาผ่านรูสืบพันธุ์ (genital pore) ตำแหน่งของท่อลำเลียงอสุจิอาจมีตำแหน่งอยู่ตรงกลางหรือด้านท้ายของอวัยวะซึ่งแตกต่างกันในปลาแต่ละชนิด นอกจากนี้ ความแตกต่างทางด้านกายวิภาคของอวัยวะมีความแตกต่างกันในปลากระดูกแข็งเช่นเดียวกัน เช่น ปลาสกุล Poeciliids มีอวัยวะ 2 ข้างที่เชื่อมรวมกันเป็นชิ้นเดียว หรือปลาในอันดับ Siluriformes มีอวัยวะรูปร่างยาวและมีการแตกแขนงคล้ายกับนิ้วมือ เรียกว่า พู (lobe) โดยในพูด้านหน้าประกอบด้วยเซลล์สืบพันธุ์ที่กำลังเจริญ ขณะที่พูด้านท้ายประกอบด้วยเซลล์เซอร์โทลีเป็นส่วนใหญ่ [15] สำหรับลักษณะการเจริญและการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสัตว์จำพวกปลาที่มีความคล้ายคลึงกับสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก คือ เซลล์สืบพันธุ์มีการเจริญอยู่ในโครงสร้างที่เรียกว่าซิสต์ (cyst) โดยในแต่ละซิสต์มีเซลล์สืบพันธุ์ที่เจริญอยู่ในระยะเดียวกัน แต่ต่างซิสต์กันมีเซลล์สืบพันธุ์ต่างระยะ ซึ่งแตกต่างจากสัตว์เลื้อยคลาน นกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่เซลล์สืบพันธุ์ไม่ได้เจริญในซิสต์และมีรูปแบบการเจริญจากส่วนฐานของหลอดสร้างอสุจิและพัฒนาเป็นระยะที่เจริญมากขึ้นเมื่อใกล้ลูเมน (lumen) ของหลอดสร้างอสุจิ [18]

ปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับจลกายวิภาคของอวัยวะของปลากระดูกแข็งเพศผู้หลายชนิด เช่น *Silurus glanis* [16] *Parasilurus aristotelis* [10] *Clarias gariepinus* [15] *Acombermorus commerson* [11] *Astyanax bimaculatus* [5] และ *Allenbatrachus grunniens* [2] เป็นต้น

ปลาหมอช้างเหยียบมีชื่อสามัญว่า Banded leaffish หรือ Striped tiger nandid จัดอยู่ในวงศ์ (family) Nandidae เป็นปลาที่มีรูปร่างค่อนข้างกลม ส่วนหัวและหลังลาดโค้ง หัวและลำตัวแบนข้าง หัวเล็ก ตาอยู่ค่อนข้างไปด้านบนของหัว ปากเล็ก มีแถบสีดำพาดขวางลำตัวประมาณ 8-12 แถบ ตัวเต็มวัยมีขนาดโดยเฉลี่ย 5-10 เซนติเมตร พบขนาดใหญ่ที่สุด 20 เซนติเมตร [14] พบทั่วไปตามแหล่งน้ำทุกภาคของประเทศไทย รวมถึงในแหล่งน้ำกร่อย [1] ปลาหมอช้างเหยียบเป็นปลาที่นิยมนำมารับประทาน นำมาเลี้ยงเป็นปลาสวยงาม [17] และมีการเพาะเลี้ยงกันเป็นปลาเศรษฐกิจ [3] ดังนั้นปลาหมอช้างเหยียบจึงจัดเป็นปลาเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้กับชาวประมงได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม ที่ผ่านมาการศึกษาเกี่ยวกับชีววิทยาด้านต่าง ๆ ของปลาชนิดนี้ แต่การศึกษาเกี่ยวกับด้านจลกายวิภาคของระบบสืบพันธุ์ยังขาดข้อมูลอยู่ ซึ่งการศึกษาระบบนี้ถือเป็นสิ่งสำคัญ เพราะทำให้ทราบเกี่ยวกับการเจริญของเซลล์สืบพันธุ์และฤดูกาลสืบพันธุ์ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจลกายวิภาคของอวัยวะของปลาหมอช้างเหยียบ เพื่อประโยชน์ในการใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการประยุกต์ด้านการเลี้ยงเป็นสัตว์เศรษฐกิจและการเพาะขยายพันธุ์ อีกทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทางด้านพยาธิวิทยา (pathology) เพื่อดูแลเกี่ยวกับสุขภาพปลาหากมีการเพาะเลี้ยงในอนาคตได้

วิธีการวิจัย

ทำการเก็บตัวอย่างปลาหมอช้างเหยียบเพศผู้ตัวเต็มวัย ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน พ.ศ. 2566 จำนวน 10 ตัวมา ทำสไลด์ด้วยน้ำยาสไลด์ปลาหยี้อ Aqua-Nap และผ่าเปิดหน้าท้องเพื่อแยกเอาอวัยวะออกจากตัวปลา นำอวัยวะแช่ในน้ำยาคงสภาพ Bouin's เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดจึงนำอวัยวะมาผ่านขั้นตอนพื้นฐานทางเนื้อเยื่อวิทยาโดยใช้เทคนิคทางพาราฟินและ นำบล็อกขึ้นเนื้อมาตัดด้วยเครื่องไมโครทอมให้ได้เนื้อเยื่อแผ่นบางที่มีความหนา 5 ไมโครเมตร นำเนื้อเยื่อแผ่นบางไปย้อมสีฮีมาทอก ไชลีนและสีอีโอซิน (hematoxylin and eosin: H&E) [6] ปิดผนึกสไลด์แก้วและนำไปดูผลด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง เลนส์ประกอบและถ่ายภาพ การวิจัยครั้งนี้ทำตามมาตรฐานจรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลอง COA No. TSU 2022-008. IACUC No. 0008.

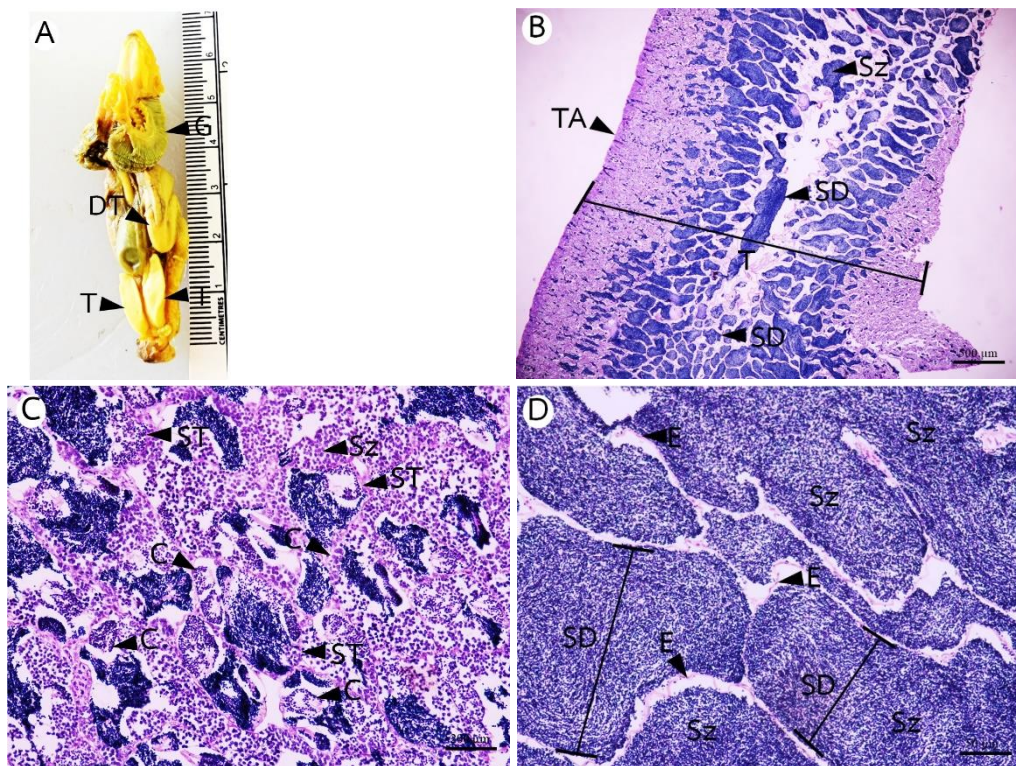
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

อวัยวะสืบพันธุ์ของปลาหมอช้างเหยียบเพศผู้ประกอบด้วย อัณฑะ (testis) และท่อลำเลียงอสุจิ (sperm duct) ซึ่งอยู่ ทางด้านหลัง (dorsal) ของร่างกายติดกับกระดูกสันหลัง โดยอัณฑะทั้ง 2 ข้างมีรูปร่างยาว สีครีม-เหลือง (ภาพที่ 1A) ล้อมรอบด้วย เนื้อเยื่อเกี่ยวพันเรียกว่า tunica albuginea (ภาพที่ 1B) ภายในอัณฑะมีหลอดสร้างอสุจิ (seminiferous tubule) จำนวนมาก (ภาพที่ 1C) ลักษณะดังกล่าวเหมือนกับปลาชนิดอื่น เช่น ปลาหางคก *A. grunniens* [2] และปลาดุก *Clarias Gariepinus* [4] ซึ่ง ภายในหลอดสร้างอสุจิมีการเจริญของเซลล์สืบพันธุ์อยู่ในซีสต์ โดยในซีสต์เดียวกันมีเซลล์สืบพันธุ์ที่เจริญอยู่ในระยะเดียวกัน แต่ต่าง ซีสต์กันมีเซลล์สืบพันธุ์ต่างระยะ ตรงกลางลูเมนของหลอดสร้างอสุจิพบเซลล์อสุจิลอยอย่างอิสระ (ภาพที่ 1C) ซึ่งการที่เซลล์สืบพันธุ์ ของปลาหมอช้างเหยียบมีการเจริญอยู่ภายในซีสต์นั้น เป็นลักษณะที่พบได้ในปลาชนิดอื่น ๆ เช่น ปลาดุก *C. Gariepinus* [4] และ สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกโดยทั่วไป เนื่องจากสัตว์เหล่านี้ส่วนใหญ่มีการปฏิสนธิภายนอกตัว (external fertilization) โดยใช้ไข่ เป็นตัวกลางในการเคลื่อนที่ของเซลล์สเปิร์มาโทซัว (spermatozoa) จึงต้องมีการผลิตเซลล์สืบพันธุ์เป็นจำนวนมาก เพื่อเพิ่ม ความสำเร็จของการสืบพันธุ์ [12] นอกจากนี้ยังพบท่อลำเลียงอสุจิอยู่ตรงกลางของอัณฑะของปลาหมอช้างเหยียบ โดยภายในท่อ พบเซลล์สเปิร์มาโทซัวจำนวนมาก เนื้อเยื่อผิวของท่อลำเลียงอสุจิเป็นชนิดเซลล์รูปร่างแบนเรียงตัว 1 ชั้น (simple squamous epithelium) (ภาพที่ 1D) ซึ่งต่างจากปลาดุก *C. Gariepinus* ที่ท่อลำเลียงอสุจิบุด้วยเซลล์รูปร่างทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์หรือ สี่เหลี่ยมทรงสูงเรียงตัว 1 ชั้น (simple cuboidal-columnar epithelium) [4] โดยท่อลำเลียงอสุจิมิหน้าที่ในการขนส่ง กักเก็บ ให้ อาหารและหลังสารที่เป็นส่วนประกอบของน้ำอสุจิ [15]

สำหรับเซลล์สืบพันธุ์ของปลาหมอช้างเหยียบเพศผู้สามารถแบ่งออกเป็น 4 ระยะ โดยอาศัยความแตกต่างของการย้อมติด สี รูปร่างและขนาด รวมถึงตำแหน่งที่พบเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งการแบ่งด้วยหลักเกณฑ์นี้อ้างอิงจากงานวิจัยของ Grier และคณะ (2009) [9] และงานวิจัยในปลาชนิดอื่น ๆ เช่น *Serrasalmus marginatus* [13] ปลา *Capoeta mandica* [8] โดยเซลล์สืบพันธุ์ทั้ง 4 ระยะ ประกอบด้วย 1.) สเปิร์มาโทโกเนียม (spermatogonium) 2.) สเปิร์มาโทไซต์ (spermatocyte) 3.) สเปิร์มาทิด (spermatid) และ 4.) สเปิร์มาโทซัว (spermatozoa) หรือเซลล์อสุจิ (ภาพที่ 2A)

ลักษณะของเซลล์สืบพันธุ์แต่ละระยะ มีลักษณะดังนี้ 1.) สเปิร์มาโทโกเนียม มีลักษณะกลม โดยพบซีสต์ของสเปิร์มาโท โกเนียมติดกับผนังของหลอดสร้างอสุจิ ไซโทพลาซึมติดสีอีโอซินและนิวเคลียสติดสีน้ำเงินจาง ภายในนิวเคลียสมิวนิวคลีโอลัส (nucleolus) 1-2 อัน (ภาพที่ 2A) 2.) สเปิร์มาโทไซต์ เป็นเซลล์สืบพันธุ์ลักษณะกลม ไซโทพลาซึมติดสีอีโอซินพบอยู่ในซีสต์ที่เข้า ใกล้เคียงลูเมนมากกว่าซีสต์ของสเปิร์มาโทโกเนียมและพบเซลล์สืบพันธุ์ชนิดนี้ในปริมาณมากกว่า ไซโทพลาซึมติดสีอีโอซิน ภายใน นิวเคลียสพบโครมาติน (chromatin) ที่ขดตัวอยู่ในระยะที่ต่างกันของไมโอซิส I (meiosis I) (ภาพที่ 2A) ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์

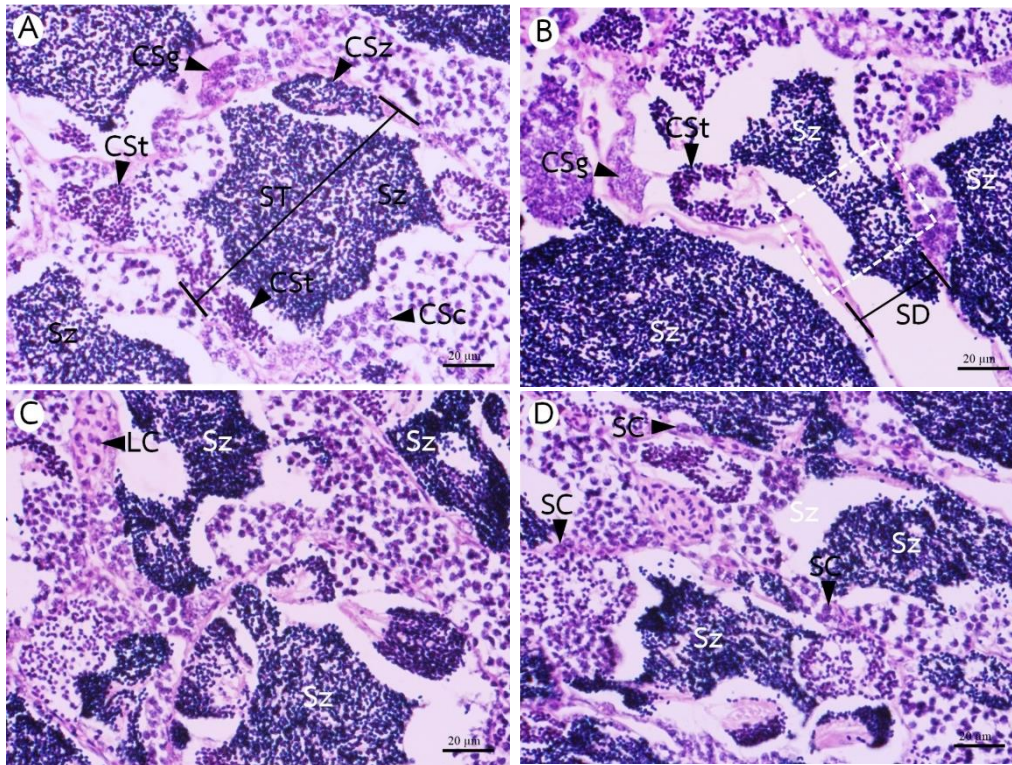
ดังกล่าวเหมือนกับปลาชนิดอื่น เช่น ปลาคางคก *A. grunniens* [2] *C. mandica* [8] ปลา *C. Gariepinus* [4] 3.) สเปออร์มาทิด เป็นเซลล์รูปร่างกลม มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับเซลล์สืบพันธุ์ระยะก่อนหน้า มีไซโทพลาซึมน้อยและนิวเคลียสย้อมติดสีฮีมาทอกไซด์เข้ม เนื่องจากมีการหดกันแน่นของโครมาตินและซีสต์ของสเปออร์มาทิดอยู่ใกล้ลูเมน (ภาพที่ 2A) ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ดังกล่าวเหมือนกับปลาชนิดอื่น เช่น ปลาคางคก *A. grunniens* [2] *C. mandica* [8] ปลา *C. Gariepinus* [4] 4.) สเปออร์มาโทซัวหรือเซลล์อสุจิของปลาปลาหมอช้างเหยียบมีส่วนหัวกลมและเล็ก ส่วนหางเรียวยาว ซึ่งส่วนหัวเป็นส่วนของนิวเคลียสติดสีน้ำเงินเข้มมากกว่าสเปออร์มาทิด โดยพบเซลล์อสุจิลอยอยู่ในลูเมนและในท่อลำเลียงอสุจิ (ภาพที่ 1D, 2A) ซึ่งลักษณะของเซลล์อสุจิของปลาหมอช้างเหยียบมีลักษณะเหมือนกับปลาชนิดอื่นเป็นส่วนใหญ่ เช่น ปลาเพช (Perch) ปลาไปป์ (Pike) และปลาเฮอริง (Herring) ปลา *C. mandica* [8] และปลา *C. Gariepinus* [4] เป็นต้น



ภาพที่ 1 A: แสดงลักษณะและตำแหน่งของอวัยวะของปลาหมอช้างเหยียบ, B-D: แสดงโครงสร้างทางจุลกายวิภาคของอวัยวะ, C: แสดงโครงสร้างทางจุลกายวิภาคของท่อลำเลียงอสุจิ, C: cyst, DT: digestive tract, G: gill, E: epithelium, SD: sperm duct, ST: seminiferous tubule, Sz: spermatozoa, T: testis, TA: tunica albuginea (B-D: H&E)

ในช่วงการเก็บตัวอย่าง อวัยวะของปลาหมอช้างเหยียบเพศผู้ทุกตัว ภายในมีเซลล์สืบพันธุ์ที่เจริญอยู่ในระยะต่าง ๆ ครอบคลุมระยะและพบเซลล์สเปออร์มาโทซัวอยู่ตรงกลางลูเมน ในปลาบางตัวพบเซลล์สเปออร์มาโทซัวภายในท่อลำเลียงอสุจิด้วย บ่งบอกได้ว่าในช่วงเวลาดังกล่าว ปลาหมอช้างเหยียบเพศผู้พร้อมที่จะผสมพันธุ์และปล่อยอสุจิออกนอกลำตัว ซึ่งเหมือนกับที่ [7] รายงานไว้ว่า หากพบเซลล์สเปออร์มาโทซัวภายในท่อลำเลียงอสุจิ หมายความว่าปลาตัวนั้นอยู่ในช่วงที่พร้อมปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกนอกร่างกาย ดังนั้น การพบเซลล์อสุจิในอวัยวะบ่งบอกว่าช่วงเวลานั้นเป็นฤดูสืบพันธุ์ (breeding season) และการที่พบเซลล์อสุจิในท่อลำเลียงบ่งบอกได้ว่าปลาเพศผู้พร้อมจะปล่อยอสุจินั้นเอง นอกจากนี้ในอวัยวะของปลาหมอช้างเหยียบยังพบเซลล์เลย์ดิก (Leydig's cell)

ซึ่งมีหน้าที่ในการสร้างฮอร์โมนสเตียรอยด์ (steroid hormone) โดยเป็นเซลล์ที่อยู่ระหว่างหลอดสร้างอสุจิ เซลล์มีลักษณะกลม นิวเคลียสมีขนาดใหญ่ ไซโทพลาซึมย้อมติดสีโอซิน (ภาพที่ 2C) ซึ่งลักษณะนี้คล้ายกับปลา *C. Gariepinus* [4] และปลาชนิดอื่น ๆ [15] ขณะที่หลอดสร้างอสุจิพบเซลล์เซอร์โทลีที่มีนิวเคลียสขนาดใหญ่รูปร่างกลมหรือสามเหลี่ยมอยู่ด้านข้างของซิสต์ของเซลล์ สืบพันธุ์ระยะต่างๆ (ภาพที่ 2D) ซึ่งไม่สามารถระบุขอบเขตของไซโทพลาซึมได้ชัดเจน โดยเซลล์เซอร์โทลีมีหน้าที่เป็นเซลล์ค้ำจุน เซลล์สืบพันธุ์ สร้างสารต่างๆที่เป็นองค์ประกอบในน้ำอสุจิเหมือนกับที่พบในปลากระดูกแข็งชนิดอื่น ๆ [15]



ภาพที่ 2 A-D: แสดงโครงสร้างทางจุลกายวิภาคของอวัยวะของปลาหมอช้างเหยียบ, A: แสดงซิสต์ของเซลล์สืบพันธุ์ระยะต่างๆ, B: แสดงการปล่อยเซลล์อสุจิเข้าสู่ท่อลำเลียงอสุจิ (กรอบเส้นประสีขาว), CSc: cyst of spermatocyte, CSg: cyst of spermatogonia, CSt: cyst of spermatid, CSz: cyst of spermatozoa, LC: Leydig's cell, SC: sertoli cell, SD: sperm duct, ST: seminiferous tubule, Sz: spermatozoa, (A-D: H&E)

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างอวัยวะและท่อลำเลียงอสุจิของปลาหมอช้างเหยียบในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2566 โดยพบเซลล์สืบพันธุ์ระยะต่าง ๆ ในอวัยวะ ได้แก่ 1.) สเปออร์มาโทโกเนียม 2.) สเปออร์มาโทไซด์ 3.) สเปออร์มาทิด และ 4.) สเปออร์มาโทซัว หรือเซลล์อสุจิ ซึ่งเซลล์สืบพันธุ์แต่ละระยะมีการเจริญในซิสต์ที่อยู่ในหลอดสร้างอสุจิ นอกจากนี้ยังพบเซลล์เซอร์โทลีที่มีหน้าที่ค้ำจุนเซลล์สืบพันธุ์และพบเซลล์เลย์ดิกที่มีหน้าที่ในการสร้างฮอร์โมนเพศ อีกทั้งพบเซลล์สเปออร์มาโทซัวอยู่ในลูเมนของหลอดสร้างอสุจิและอยู่ในท่อลำเลียงอสุจิ ดังนั้น สรุปได้ว่าช่วงเวลาเก็บตัวอย่างเป็นช่วงที่ปลาหมอช้างเหยียบเพศผู้พร้อมที่จะผสมพันธุ์และปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งผลจากงานวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบถึงโครงสร้างทางจุลกายวิภาคของ

อวัยวะสืบพันธุ์และระบบสืบพันธุ์ของปลาหมอช้างเหยียบเพศผู้และทำให้ทราบว่าช่วงเวลาที่ทำกรเก็บตัวอย่างเป็นช่วงสืบพันธุ์ของปลาอีกด้วย

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยโครงการวิจัยเงินรายได้มหาวิทยาลัยทักษิณ กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ประเภททุนพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ขวลิขิต วิทยานนท์. (2548). “ปลาน้ำจืดไทย” พิมพ์ครั้งที่ 5. พิมพ์ลักษณ์. กรุงเทพมหานคร.
- [2] ทศประดิษฐ์ มิตรเปรี๊ยะ, เจษฎ์ เกษตรระทัต และ วรณีย์ จีระอังกูรสกุล. (2018). “กระบวนการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ชั้นสมบูรณของปลาคางคก *Allenbatrachus grunniens* (Linnaeus, 1758) จากปากแม่น้ำปรางบุรี ประเทศไทย” **Proceeding of The 5th National Meeting on Biodiversity Management in Thailand**, 99-107. วันที่ 10-14 กรกฎาคม 2561.
- [3] อัจฉริยา กิจสุนทรวัฒน์. (2555). “สารานุกรมเยาวชน ปลาน้ำจืด” ไทยควอลิตี้บุ๊กส์. กรุงเทพมหานคร.
- [4] Ahmed, Y. A., Samei, N. A. A. and Zayed, A. Z. (2013). “Morphological and histomorphological structure of testes of the catfish "*Clarias Gariepinus*" from Egypt” **Pak. J. Biol. Sci.** 16, 624-629. doi:10.3923/pjbs.2013.624. 629.
- [5] Araújo, F. G., Aparecida, N., Iracema, D. G. and Armando, S. (2019). “Gonadal development and reproductive period of the characin *Astyanax aff. bimaculatus* (Characiformes: Characidae) in a tropical reservoir in southeastern Brazil” **Zoologia (Curitiba Impresso)** 36(3),1-14.
- [6] Bancroft, J. D. and Gamble, M. (1996). **Theory and practice of histological techniques**. Churchill Livingstone, Edinburgh.
- [7] Brown-Peterson, N. J., Wyanski, D. M., Saborido-Rey, F., Macewicz, B. J. and Lowerre-Barbieri, S. K. (2011). “A standardized terminology for describing reproductive development in fishes” **Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science** 3(1), 52- 70.
- [8] Esmaili, H. R., Choobineh, R., Zareian, H. and Gholamhosseini, A. (2017). “Life history traits and gonad histology of an endemic cyprinid fish, Mond spotted barb, *Capoeta mandica* from Southern Iran” **Caspian Journal of environmental Sciences** 15(2), 97-112.
- [9] Grier, H. J., Uribe-Aranzabal, M. C. and Patino, R. (2009). “**The ovary, folliculogenesis, and oogenesis in teleosts**” In Jamieson, B.G.M., ed. Reproductive biology and phylogeny of fishes (Agnathans and bony fishes). V. 8A p. 25-84. Science Publishers. Enfield, New Hampshire.
- [10] Iliadou, K. and Fishelson, L. (1995). “Histology and Cytology of Testes of the Catfish *Parasilurus aristotelis* (Siluridae, Teleostei) from Greece” **Japan. J. Ichthyol.** 41(4), 447-454.

- [11] Mackie, M. and Lewis, P. (2001). "Assessment of gonad staging systems and other methods used in the study of the reproductive biology of narrow-barred Spanish mackerel, *Scomberomorus commerson*, in western Australia" **Fish. Res. Rep. West. Aust.** 136, 1-44.
- [12] Norris, D. (2006). "**Endocrinology 4th edition**". Academic press. eBook ISBN: 9780080466329.
- [13] Romano de Melo, G. S., Soares de Santana, H., and Dei Tos, C. (2017). "Ovarian histology and fecundity in the evaluation of the reproduction of the invasive species *Serrasalmus marginatus* (Characidae) on the neotropical flood plain" **Acta Scientiarum** 39(3), 339-347.
- [14] Sangpradub, N., and Chutima, H. (2017). "Diet Composition of *Pristolepis fasciata* (Bleeker, 1851). (Family Nandidae) and *Puntius brevis* (Bleeker, 1849) (Family Cyprinidae) in Kaeng Lawa, Thailand" **Chiang Mai J. Sci.** 44(3), 839-846.
- [15] Schulz, R. W., and Nóbrega, R. H. (2011). "**Regulation of spermatogenesis**" In: Farrell, A.; ed. Encyclopedia of Fish Physiology-From Genome to Environment. Pp. 627-634, Academic Press.
- [16] Shihshabekov, M. M. (1978). "Genital cycles of *Silurus glanis* L., *Esox lucius* L., *Perca fluviatilis* L. and *Lucioperca lucioperca* (L). Vopr" **Ichthyol.** 18, 507-518.
- [17] Uk-katawewat, S. (2002). "**Illustration of Thai Fish and Aquatic animals**" Kdurusapa Ladprao Printing Press, Bangkok.
- [18] Van Dyk, J. C., and Pieterse, G. M. (2008). "A histo-morphological study of the testis of the sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) as reference for future toxicological assessments" **Journal of Applied Ichthyology** 24(4), 415-422.



Session
วิทยาศาสตร์เคมี
และเภสัช

การพัฒนาชีวไฟฟ้าจากถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟที่ปรับปรุงพื้นผิว

จารวี ชูภิรมย์¹ พนิดา กังชุ่น^{2*} กัณฑ์กรร สุวรรณรักษา² ทัดติกา เจริญลาภ² และ ธวัชชัย คังชะมะโณ³

บทคัดย่อ

การนำองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาเปลี่ยนเศษวัสดุเศษเหลือเป็นนวัตกรรมที่มีราคาสูง เช่น การพัฒนาชีวอิเล็กโทรดจากถ่านกัมมันต์ถือได้ว่าเป็นแนวทางที่ดีมากในการเพิ่มมูลค่าวัสดุเศษเหลือและเป็นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ โดยทำการเตรียมถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟและใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เป็นสารกระตุ้น ผสมกากกาแฟ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และน้ำ ในอัตราส่วน 1 : 0.5 : 2 และ 1 : 1.0 : 2 โดยน้ำหนัก เฝ้าด้วยอุณหภูมิ 500 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงก็จะได้ถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟ (CGAC) จากนั้นนำถ่านกัมมันต์ที่ได้มาปรับปรุงพื้นผิวด้วยอาร์จินีน และกรดบอริกโดยด้วยไฮโดรเทอร์มัลที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างไปเตรียมเป็นชีวทำงานและศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของชีวไฟฟ้าของถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟที่ผ่านและไม่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมทรีและกัลวานอสแตติกชาร์จ-ดิสชาร์จ โดยใช้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลต่อลิตร เป็นอิเล็กโทรไลต์ และใช้ชีวแพลทินัมเป็นชีวไฟฟ้าร่วม ชิวซิลเวอร์-ซิลเวอร์คลอไรด์เป็นชีวอ้างอิง ผลการทดลองพบว่าชีวทำงานไฟฟ้าของถ่านกัมมันต์ จากกาแฟที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยกรดบอริกให้พิกกระแสไฟฟ้ากว้างที่สุดและมีค่าความจุไฟฟ้าจำเพาะสูงสุด 115 ฟารัด/กรัม ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 0.25 แอมแปร์/กรัม ดังนั้นถ่านกัมมันต์ที่แปรรูปจากกากกาแฟและปรับปรุงพื้นผิวด้วยกรดบอริก มีศักยภาพใช้เป็นชีวไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวดได้

คำสำคัญ : ถ่านกัมมันต์ กากกาแฟ ชิวคาร์บอน อาร์จินีน กรดบอริก

¹ นิสิตปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

² รศ.ดร., สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

³ ดร., สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹ Graduate Student, Master degree of Science Program, Major in Chemistry, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

² Assoc.Prof.Dr., Department of Chemistry, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

³ Dr., Department of Chemistry, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

* Corresponding author: Tel.: 074-609600 ext. 2362. E-mail address: dpanita@tsu.ac.th

The conductivity efficiency of working electrode from N-doped coffee grounds activated carbon

Jarawee Chupirom¹, Panita Kongsune^{2*}, Kantrakorn Suwanraksa¹, Tantika Charoenlap¹ and
Tawatchai Kangkamano³

Abstract

Utilizing scientific and technological knowledge to transform waste materials into high-value innovations, such as developing electrodes from activated carbon derived from biomass, is widely regarded as an effective means of increasing the value of waste materials. The aim of this study was to prepare activated carbon from coffee grounds (CGAC) using KOH as an activator and then modify the obtained CGAC sample with arginine and boric acid to create supercapacitor electrodes. Coffee grounds, KOH, and water were mixed in weight ratios of 1:0.5:2 and 1:1.0:2, stirred, and incubated at room temperature for 24 hours. The resulting sample was then carbonized in a furnace at 500°C for 3 hours to produce CGAC. The obtained AC sample was soaked with arginine and boric acid at 120°C for 24 hours via hydrothermal. The unmodified and modified CGAC samples were characterized in terms of their structural, morphological, and chemical properties. The electrocapacitive behavior of the modified and unmodified activated carbon was investigated using three-electrode cell configurations with 1 M KOH as an electrolyte, through cyclic voltammetry and galvanostatic charge-discharge techniques. The results indicated that the boric acid-modified CGAC electrode exhibited significantly higher electric current than the bare pencil graphite and other sample electrodes. Furthermore, the CGAC modified with boric acid showed the highest specific capacitance of approximately 115 F·g⁻¹ at a current density of 0.25 A·g⁻¹. Overall, these findings suggest that porous carbons derived from waste coffee grounds and modified with boric acid hold significant potential as alternative electrode materials for supercapacitors.

Keywords: Activated Carbon, Coffee Grounds, Carbon Electrode, Arginine, Boric acid

บทนำ

ปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ตัวเก็บประจุยิ่งยวดเป็นหนึ่งในวัสดุที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมาก เพื่อนำมาเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุเก็บพลังงาน อุปกรณ์ ชนิดนี้มีสมบัติพิเศษตรงที่ใช้ความต่างศักย์ในการกักเก็บประจุไฟฟ้า ซึ่งต่างจากแบตเตอรี่ที่ใช้ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี ทำให้ตัวเก็บประจุยิ่งยวด มีอายุใช้งานที่ยาวนาน การชาร์จประจุที่ รวดเร็ว และมีความสามารถในการกักเก็บประจุไฟฟ้าสูง แต่อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้งานได้จริงยังคงต้องพัฒนาต่อไป เนื่องจากยังกักเก็บพลังงานต่อหน่วยมวลได้น้อย ปัจจัยหลักปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ตัวเก็บประจุความจุสูงระดับหลักร้อยฟารัดขึ้นมาได้ นั่นคือ ผงถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) [1] ด้วยคุณสมบัติที่พิเศษของผงถ่านกัมมันต์ซึ่งมีรูพรุนมากและมีอิเล็กตรอนอิสระอยู่บนผิวและรูพรุนเหล่านั้น ทำให้ถ่านกัมมันต์เหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการทำเป็นขั้วไฟฟ้าเพื่อเพิ่มพื้นที่กักเก็บประจุไฟฟ้า ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับว่า ถ่านกัมมันต์ทำหน้าที่เหมือนฟองน้ำที่ดูดหรือซึมซับเอาประจุไฟฟ้าเข้ามารวมกันไว้สามารถดูดซับอิเล็กตรอนได้ ทำให้สามารถมีพื้นที่สำหรับเก็บประจุไฟฟ้าได้มากขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีในการผลิตตัวเก็บประจุแบบเดิม นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยรายงานว่า การเพิ่มอะตอมของไนโตรเจนหรือออกซิเจนบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ แล้วนำมาพัฒนาเป็นอิเล็กโทรด มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความจุจำเพาะของอิเล็กโทรดคาร์บอน ซึ่งขั้วไฟฟ้าที่เตรียมจากถ่านกัมมันต์ที่เจือด้วยไนโตรเจนนั้นมีค่าความจุจำเพาะมากกว่าขั้วไฟฟ้าที่เตรียมจากถ่านกัมมันต์ที่ไม่ได้เจือด้วยไนโตรเจนหรือออกซิเจน [2]

ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุคาร์บอนไฟต์ที่มีพื้นที่ผิวและความพรุนสูง มีความเสถียรในช่วง pH กว้าง นิยมเตรียมจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเนื่องจากหาได้ง่าย ราคาถูก และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งพื้นที่ผิว BET ของถ่านกัมมันต์สามารถอยู่ในช่วงระหว่าง 250 ถึง 2410 m²/g ในขณะที่ปริมาตรของรูพรุนสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ 0.0922 ถึง 91.4 cm³/g โดยปริมาณพื้นที่ผิว และขนาดรูพรุนของถ่านกัมมันต์นี้ขึ้นอยู่กับชนิดของแหล่งคาร์บอนหรือแหล่งวัสดุที่ใช้ อุณหภูมิของการคาร์บอนไนส์ อัตราการให้ความร้อน และประเภทของกระบวนการกระตุ้น [3] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยค้นพบว่า การเพิ่มอะตอมของไนโตรเจนบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ แล้วนำมาเคลือบบนอิเล็กโทรด มีบทบาทสำคัญ ในการเพิ่มความจุจำเพาะของอิเล็กโทรดคาร์บอน การดัดแปลงพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ที่เจือด้วยอะตอมไนโตรเจน (N-doped activated carbon) เช่น เอทานามีน (CH₃CH₂NH₂) กรดเอทิลีนไดอามีนเตตราอะเซติก (C₁₀H₁₆N₂O₈) อาร์จินีน (C₆H₁₄N₄O₂) และแอมโมเนีย (NH₃) [4] ซึ่งถ่านกัมมันต์ที่เจือด้วยไนโตรเจนนั้นมีค่า capacitive มากกว่าของถ่านกัมมันต์ที่ไม่ได้เจือด้วยไนโตรเจนถึงสองเท่า [1,4]

อย่างไรก็ตาม ราคาของถ่านกัมมันต์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศยังมีราคาค่อนข้างแพง รวมถึงคุณภาพความสามารถในการกักเก็บประจุยังไม่สูงพอ จากปัญหาดังกล่าวนี้จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาถ่านกัมมันต์จากเศษชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อลดต้นทุนการผลิต ในงานวิจัยนี้สนใจพัฒนาถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟ จากนั้นนำถ่านกัมมันต์ที่ได้มาปรับปรุงพื้นผิวโดยการเจือด้วยอะตอมไนโตรเจนและออกซิเจนจากสารอาร์จินีนและกรดบอริก ประยุกต์ใช้ถ่านกัมมันต์ทั้งสองแบบโดยการเคลือบที่ขั้วอิเล็กโทรดแล้วศึกษาประสิทธิภาพการกักเก็บพลังงานทางไฟฟ้าเคมีของอิเล็กโทรดด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมทรีและกลุ๊วโนสแตติกชาร์จ-ดิสชาร์จ

วิธีดำเนินการ

การเตรียมถ่านกัมมันต์กากกาแฟ

นำกากกาแฟอบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อบครุซีเบลที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ผสมกากกาแฟ โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และน้ำ ในอัตราส่วน 1 : 0.5 : 2 และ 1 : 1.0 : 2 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ผสมให้เข้ากัน บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาเผาในเตาเผา โดยใช้อุณหภูมิประมาณ

500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ล้างถ่านกัมมันต์ด้วยน้ำกลั่น ปรับพื้นผิวให้เป็นกลางด้วยสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ปล่อยให้ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น จะใช้สัญลักษณ์ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมว่า CGAC0.5 และ CGAC1.0 ตามลำดับ

การปรับปรุงพื้นผิวถ่านกัมมันต์จากกาแฟ

ซึ่งถ่านกัมมันต์ CGAC ปริมาณ 2 กรัมนำมาผสมกับสารประกอบอาร์จินีน ซึ่งเตรียมได้จากการละลายสารประกอบอาร์จินีนปริมาณ 4 กรัม ด้วยน้ำปราศจากไอออน 45 มิลลิลิตร จากนั้นกวนพร้อมให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำสารดังกล่าวใส่ลงในอุปกรณ์ไฮโดรเทอร์มอลอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ล้างถ่านกัมมันต์ด้วยน้ำกลั่นเพื่อปรับพื้นผิวให้เป็นกลางจะได้ตัวอย่าง A_GCAC การเจือด้วยสารประกอบกรดบอริกทำเช่นเดียวกับถ่านกัมมันต์ที่เจือด้วยสารประกอบอาร์จินีน จะได้ตัวอย่าง B_GCAC

การเตรียมขั้วถ่านกัมมันต์และการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า

นำถ่านกัมมันต์ 1-9 มิลลิกรัม ใส่ลงในหลอด microcentrifuge เติมเนฟฟิออน 100-900 ไมโครลิตร โซดิเคตด้วยเครื่อง ultrasonic เป็นเวลา 5 นาที นำขั้วถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ 5 ไมโครลิตร หยดลงบนขั้วไฟฟ้า คือ ขั้วดินสอดเปล่า (Bare pencil graphite electrode) ตั้งทิ้งไว้ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาวิเคราะห์ในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลต่อลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ต่อขั้วไฟฟ้าทำงานเข้ากับเครื่อง Potentiostat/Galvanostat โดยขั้วไฟฟ้าแผ่นแพลทินัม เป็นขั้วไฟฟ้ารวม และใช้ขั้วไฟฟ้าซิลเวอร์-ซิลเวอร์คลอไรด์ เป็นขั้วไฟฟ้าอ้างอิง จุ่มขั้วทั้งสามลงในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เปิดเครื่อง Potentiostat/Galvanostat เปรียบเทียบประสิทธิภาพการเก็บประจุของอิเล็กโทรด ตัวเก็บประจุของถ่านกัมมันต์และถ่านกัมมันต์ที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมทรีและกัลวานอสแตติกชาร์จ-ดิสชาร์จ

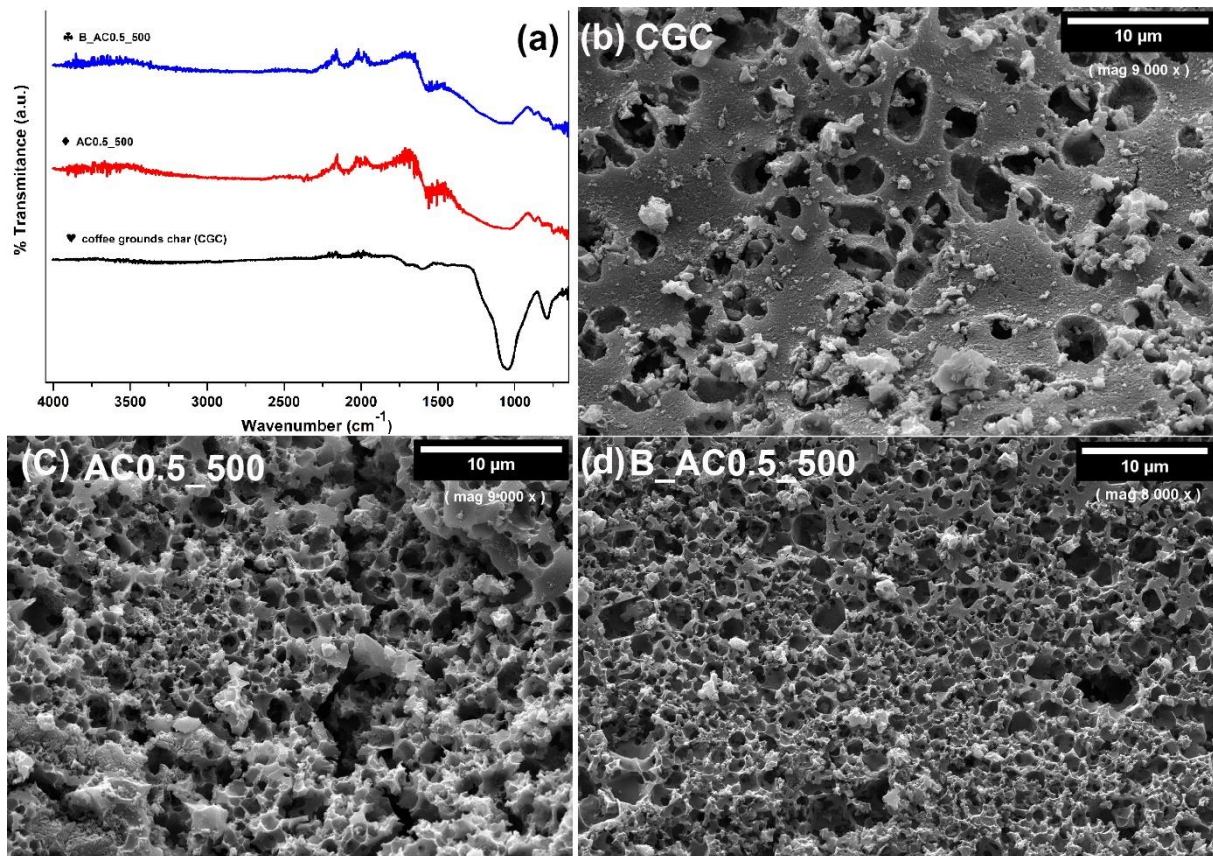
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันและสัณฐานวิทยาของถ่านกัมมันต์จากกาแฟ

ผลการศึกษาวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่างได้แก่ ตัวอย่างถ่านกัมมันต์จากกาแฟ (CGC) ตัวอย่างถ่านกัมมันต์จากกาแฟ (CGAC0.5) และ ตัวอย่างถ่านกัมมันต์จากกาแฟ ที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยกรดบอริก (B_CGAC0.5) โดยใช้เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR) ดังแสดงในภาพ 1a พบว่า สเปกตรัมของถ่านกัมมันต์จากกาแฟ CGAC0.5 น้อยกว่าถ่านกัมมันต์จากกาแฟ CGC เนื่องจากการกระตุ้นด้วย KOH มีส่วนช่วยในการกำจัดสารระเหยที่เหลือ ทำให้ระเหยง่าย เกิดการสลายตัวของโครงสร้างซึ่งหลุดออกไปในรูปของสารระเหยหรืออาจเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารกระตุ้นกับโครงสร้างของถ่านกัมมันต์หายไปจากการคาร์บอนไนซ์นั่นเอง ซึ่งเป็นการแทรกตัวของสารกระตุ้นเข้าไปในโครงสร้างของถ่านกัมมันต์ทำให้มีรูพรุนเพิ่มมากขึ้น จากสเปกตรัม FTIR พบว่า สเปกตรัมถ่านกัมมันต์จากกาแฟที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยกรดบอริก B_CGAC0.5 และ CGAC0.5 ไม่แตกต่างกัน การเติมกรดบอริกทำให้เกิดวาเลนซ์อิเล็กตรอนที่ไม่มีคู่อิเล็กตรอนที่ไม่มีคู่นี้ เมื่อได้รับพลังงานเพียงเล็กน้อย ก็พร้อมที่จะเป็นอิเล็กตรอนอิสระที่นำไฟฟ้าได้

การวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของถ่านศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 8,000-9,000 เท่า แสดงผลในภาพที่ 1b-1d ประกอบด้วย ตัวอย่าง 3 ตัวอย่างได้แก่ ตัวอย่างถ่านกัมมันต์จากกาแฟ (CGC) ตัวอย่างถ่านกัมมันต์จากกาแฟ (CGAC0.5) และ ตัวอย่างถ่านกัมมันต์จากกาแฟ ที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยกรดบอริก (B_CGAC0.5) พบว่า พื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากกาแฟ CGAC0.5 (ภาพที่ 1C) โดย โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์กระตุ้นและคาร์บอนไนซ์ที่อุณหภูมิ

500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีรูพรุนกระจายอยู่ทั่วพื้นผิวจำนวนมาก มากกว่าถ่านกากาฟ CGC ที่ผ่านการเผาอย่างเดียวน (ภาพที่ 1b) แสดงให้เห็นว่า การคาร์บอนไตร่วมกับการกระตุ้นด้วย KOH ของกากาแฟสามารถทำให้เกิดการกระจายของรูพรุนทั่วพื้นผิวได้ เมื่อผสมถ่านกัมมันต์กากาแฟ กับสารละลายกรดบอริกด้วยวิธีการไฮโดรเทอร์มอล จะได้ถ่านกัมมันต์ที่ปรับพื้นผิวด้วยกรดบอริกที่มีพื้นผิวของถ่านกัมมันต์เปลี่ยนไปเล็กน้อย (ภาพที่ 1b) โดยจะปรากฏการแตกหักของผิวหน้ามากขึ้น [5,6]

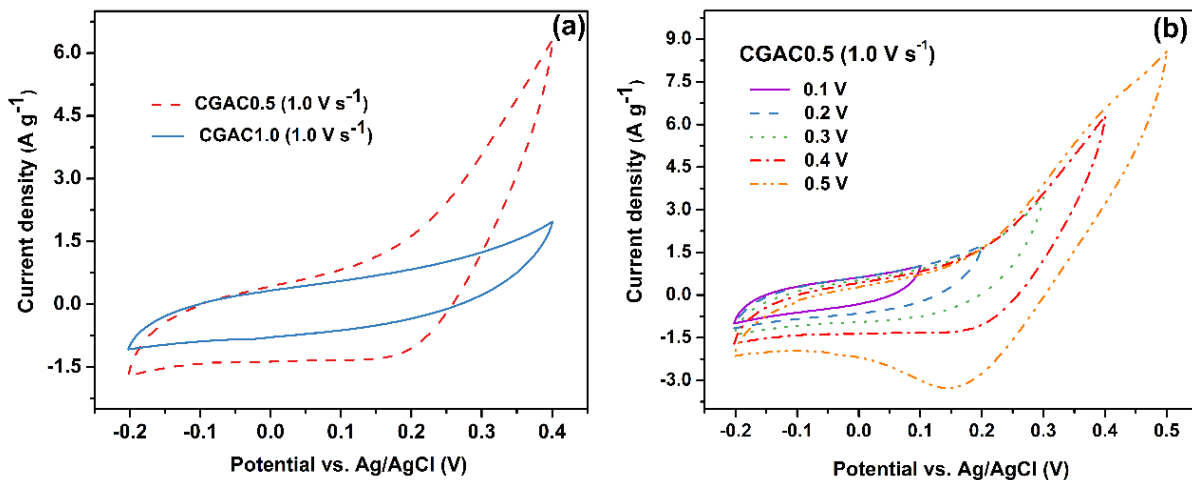


ภาพที่ 1 เปรียบเทียบสเปกตรัมหมู่ฟังก์ชันของ CGC, CGAC0.5, และ B_CGAC0.5 (a) และ ภาพถ่าย SEM ของ CGC (b), CGAC0.5 (c) และ B_CGAC0.5 (d)

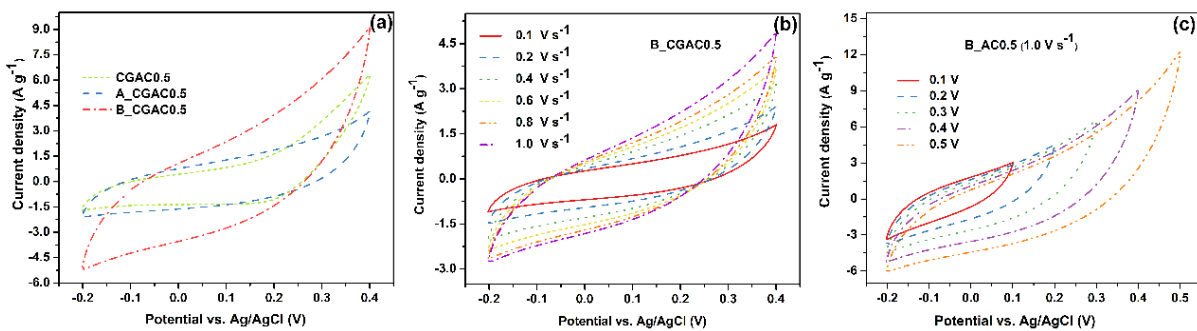
การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีไฟฟ้า

สมบัติความเป็นขั้วไฟฟ้าตัวเก็บประจุยิ่งยวดวิเคราะห์ด้วย เทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี (Cyclic voltammetry; CV) เทคนิค CV เป็นเทคนิคที่ใช้ศึกษาอันตรกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวของขั้วไฟฟ้า ในช่วงความต่างศักย์ของวัสดุที่นำมาใช้ทำขั้วไฟฟ้า โดยการป้อนความต่างศักย์เข้าไปในระบบ แล้วทำการวัดกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วไฟฟ้าทำงานและขั้วไฟฟ้าเคาน์เตอร์ ซึ่งทำให้ได้ความสัมพันธ์ ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า ซึ่งวัดในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 M ซึ่งบ่งบอกถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาในขณะอัดและคายประจุของตัวเก็บประจุ ใช้ดูการเกิดปฏิกิริยาเพื่อดูการทำงานที่ความศักย์ไฟฟ้าต่าง ๆ ในภาพที่ 2a เปรียบเทียบกราฟ CV ของตัวอย่าง ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ปริมาณตัวกระตุ้นต่างกัน คือใช้อัตราส่วนกากาแฟ:KOH เท่ากับ 1:0.5 และ 1:1.0 และใช้เรียกชื่อตัวอย่างเป็น CGAC0.5 และ CGAC1.0 ตามลำดับ วัดในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1M ที่อัตราการสแกน 1.0 V·s⁻¹ และความต่างศักย์ 0.4 V จากกราฟพบว่าขนาดกราฟ CV มีลักษณะเรียวยาวไปไม่ มีช่วงการตอบสนองอย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มความต่างศักย์

ช่วง 0.1 – 0.4 V แต่ในช่วงการคายประจุ พบว่าการลดความต่างศักย์ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาขณะคายประจุลดลงบ่งบอกถึงการตอบสนองที่ช้า ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการสูญเสียประจุตอนคาย โดยกราฟ CV ของตัวอย่าง CGAC1.0 มีขนาดเล็กกว่าของตัวอย่าง CGAC0.5 ความหนาแน่นกระแสของตัวอย่าง CGAC1.0 ที่ได้ออกมาอยู่ในช่วง $-1.0 - 1.5 \text{ A}\cdot\text{g}^{-1}$ ในขณะที่ความหนาแน่นกระแสของตัวอย่าง CGAC0.5 ที่ได้ออกมาอยู่ในช่วง $-1.5 - 6.0 \text{ A}\cdot\text{g}^{-1}$ บ่งบอกถึงความสามารถในการเก็บประจุไฟฟ้าของตัวอย่าง CGAC0.5 มากกว่าของตัวอย่าง CGAC1.0 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกตัวอย่าง CGAC0.5 มาศึกษาต่อในส่วนของการปรับพื้นผิวด้วยอาร์จินีนและกรดบอริก ในภาพที่ 2b เปรียบเทียบกราฟ CV ของตัวอย่างถ่านกัมมันต์ CGAC0.5 ที่ความต่างศักย์ต่างกันตั้งแต่ 0.1 – 0.5 V ที่อัตราการสแกน $1.0 \text{ V}\cdot\text{s}^{-1}$ พบว่าขนาดกราฟ CV ที่ความต่างศักย์ 0.4 V มีลักษณะเรียวยาวไปไม่จึงเลือกความต่างศักย์ดังกล่าวในการเปรียบเทียบชนิดของตัวอย่างดังแสดงในภาพ 2a



ภาพที่ 2 กราฟ CV วัดในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 M ของตัวอย่าง (a) CGAC0.5 และ CGAC1.0 ช่วงความต่างศักย์ 0.4 V และ (b) CGAC0.5 เปรียบเทียบความต่างศักย์ 0.1 – 0.5 V ที่อัตราการสแกน $1.0 \text{ V}\cdot\text{s}^{-1}$



ภาพที่ 3 กราฟ CV วัดในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 M ช่วงความต่างศักย์ 0.4 V ที่อัตราการสแกน $1.0 \text{ V}\cdot\text{s}^{-1}$ ของตัวอย่าง (a) CGAC0.5, A_CGAC0.5 และ B_CGAC0.5 และ (b) B_CGAC0.5 เปรียบเทียบอัตราการสแกน 0.1 – 1.0 $\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$ และ (c) B_CGAC0.5 เปรียบเทียบความต่างศักย์ 0.1 – 0.5 V ที่อัตราการสแกน $1.0 \text{ V}\cdot\text{s}^{-1}$

ในภาพที่ 3a เปรียบเทียบกราฟ CV ของตัวอย่างถ่านกัมมันต์ที่ใช้ตัวปรับปรุงพื้นผิวที่ต่างกัน คือใช้สารอาร์จินีนและกรดบอริก และใช้เรียกชื่อตัวอย่างเป็น A_CGAC0.5 และ B_CGAC0.5 ตามลำดับ วัดในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 M ที่อัตราการสแกน $1.0 \text{ V}\cdot\text{s}^{-1}$ และความต่างศักย์ 0.4 V โดยเลือกอัตราการสแกนจากผลในกราฟ CV ในภาพที่ 3b เนื่องจากที่อัตราการสแกน $1.0 \text{ V}\cdot\text{s}^{-1}$ ได้ความหนาแน่นกระแสสูงสุดในขณะที่เลือกความต่างศักย์ 0.4 V จากผลในกราฟ CV ในภาพที่ 3c เนื่องจากที่ความต่างศักย์ 0.4 V กราฟ CV ยังคงมีลักษณะเรียวยาวไปไม่และได้ความหนาแน่นกระแสสูงสุด

จากผลกราฟ CV ในภาพที่ 3a พบว่าขนาดกราฟ CV ของตัวอย่าง B_CGAC0.5 มีขนาดกว้างกว่าของตัวอย่าง A_CGAC0.5 และตัวอย่าง CGAC0.5 อย่างมีนัยสำคัญ โดยความหนาแน่นกระแสของตัวอย่าง B_CGAC0.5 ที่ได้ออกมาอยู่ในช่วง $-3.0 - 9.0 \text{ A}\cdot\text{g}^{-1}$ ในขณะที่ความหนาแน่นกระแสของตัวอย่าง A_CGAC0.5 และ CGAC0.5 ที่ได้ออกมาใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง $-2.0 - 4.0 \text{ A}\cdot\text{g}^{-1}$ บ่งบอกถึงความสามารถในการเก็บประจุไฟฟ้าของตัวอย่าง B_CGAC0.5 มากกว่าของตัวอย่าง A_CGAC0.5 และ CGAC0.5 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกตัวอย่าง B_CGAC0.5 มาศึกษาค่าความจุจำเพาะด้วยเทคนิค กัลวานอสแตติกชาร์จ-ดิสชาร์จ (Galvanostatic charge-discharge; GCD)

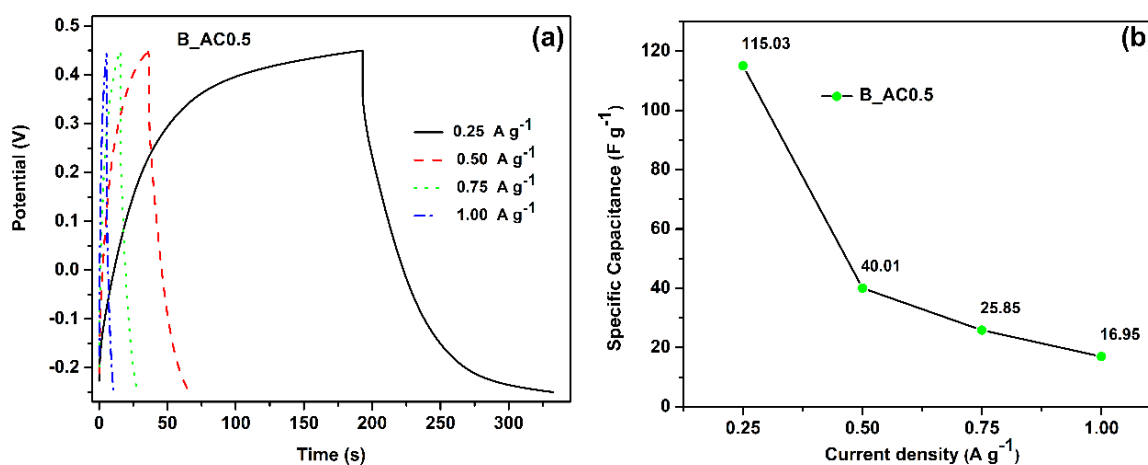
ในการตรวจสอบสมบัติทางเคมีไฟฟ้าของเซลล์เคมีไฟฟ้าด้วยเทคนิค GCD เป็นการตรวจการอัดและคายประจุ (charge/discharge) คือการให้กระแสคงที่ (constant current : I) กับขั้วไฟฟ้า แล้ววัดการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ (potential : V) ที่เปลี่ยนไปจากการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ที่ขั้วไฟฟ้าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเวลา ดังภาพที่ 7 ที่แสดงรูปแบบโดยทั่วไปของความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์กับเวลาที่ให้กระแสแก่เซลล์เคมีไฟฟ้าและยังคำนวณหาความจุไฟฟ้าโดยความจุจำเพาะ (capacitance : C) ของเซลล์ไฟฟ้าและความดัน ($\Delta V/\Delta t$) สามารถคำนวณได้จากเวลาที่ให้กระแส I แก่เซลล์เคมีไฟฟ้า ดังสมการ

$$C = \frac{I}{\Delta V / \Delta t} \quad (1)$$

ความสัมพันธ์ความจุจำเพาะ (C_{GCD}) กับมวล (m) จะได้ดังนี้

$$C_{GCD} = \frac{I\Delta t}{\Delta V} \quad (2)$$

เมื่อ I คือ ความหนาแน่นกระแสในการคายประจุ มีหน่วย A/g และ Δt คือ เวลาในการคายประจุ มีหน่วยเป็นวินาที (s)



ภาพที่ 4 (a) กราฟ GCD ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (b) ค่าความจุจำเพาะของตัวอย่าง B_CGAC0.5 ที่ความหนาแน่นกระแส 0.251 – $1.0 \text{ A}\cdot\text{g}^{-1}$

จากภาพที่ 4a กราฟ GCD ของตัวอย่าง B_CGAC0.5 มีลักษณะคล้ายสามเหลี่ยมหน้าจั่วแต่ลักษณะไม่ค่อยสมมาตรกัน ซึ่งแสดงว่าเกิดจากการอัดและคายประจุไม่เท่ากัน โดยสอดคล้องกับกราฟ CV ที่ให้ลักษณะกราฟคล้ายใบไม้ เมื่อนำมาคำนวณค่าความจุไฟฟ้าจำเพาะ (ภาพที่ 4a) ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่างๆ คือ 0.25, 0.50, 0.75 และ $1.0 \text{ A}\cdot\text{g}^{-1}$ มีค่าความจุไฟฟ้าจำเพาะที่ 115.03, 40.01, 25.85 และ $16.95 \text{ F}\cdot\text{g}^{-1}$ ตามลำดับ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าตัวอย่าง B_CGAC0.5 มีความเป็นไปได้ในการใช้เป็นขั้วไฟฟ้าในตัวเก็บไฟฟ้ายิ่งยวด โดยค่าความจุไฟฟ้าจำเพาะสูงสุดที่ $115 \text{ F}\cdot\text{g}^{-1}$

สรุปผลการวิจัย

ถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟที่เตรียมโดยใช้กากกาแฟผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และน้ำในอัตราส่วน 1 : 0.5 : 2 (CGAC) โดยน้ำหนัก คาร์บอนไนซ์ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีรูพรุนกระจายอยู่ทั่วพื้นผิวจำนวนมาก เมื่อผสมถ่านกัมมันต์ดังกล่าวกับสารละลายอาร์จินีนและกรดบอริก (A_CGAC0.5 และ B_CGAC0.5) พบว่าพื้นผิวของถ่านกัมมันต์เปลี่ยนไปเล็กน้อย จากผลกราฟ CV พบว่าขนาดกราฟ CV ของตัวอย่าง B_CGAC0.5 มีขนาดกว้างกว่าของตัวอย่าง A_CGAC0.5 และตัวอย่าง CGAC0.5 อย่างมีนัยสำคัญและจากกราฟ GCD ของตัวอย่าง B_CGAC0.5 มีลักษณะคล้ายสามเหลี่ยมหน้าจั่วแต่ลักษณะไม่ค่อยสมมาตรกัน ซึ่งแสดงว่าเกิดจากการอัดและคายประจุไม่เท่ากัน เมื่อนำมาคำนวณค่าความจุไฟฟ้าจำเพาะที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่างๆ พบว่าช่วงทำงานไฟฟ้าของถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยกรดบอริกให้พิคกระแสไฟฟ้ากว้างที่สุดและมีค่าความจุไฟฟ้าจำเพาะสูงสุด 115 ฟารัด/กรัม ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 0.25 แอมแปร์/กรัม ดังนั้นถ่านกัมมันต์ที่แปรรูปจากกากกาแฟและปรับปรุงพื้นผิวด้วยกรดบอริก มีศักยภาพใช้เป็นขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวดได้

กิติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ โดยมหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

เอกสารอ้างอิง

- [1] Abbas, Q., Raza, R., Shabbir, I., & Olabi, A. G. (2019). Heteroatom Doped High Porosity Carbon Nanomaterials as Electrodes for Energy Storage in Electrochemical Capacitors: A Review. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jsamd.2019.07.007>
- [2] Vicentini, R., Nunes, W. G., da Costa, L. H., Da Silva, L. M., Freitas, B., Pascon, A. M., . . . Zanin, H. (2021). Multi-walled carbon nanotubes and activated carbon composite material as electrodes for electrochemical capacitors. *Journal of Energy Storage*, 33, 100738. doi:<https://doi.org/10.1016/j.est.2019.04.012>
- [3] Surya, K., & Michael, M. S. (2021). Hierarchical porous activated carbon prepared from biowaste of lemon peel for electrochemical double layer capacitors. *Biomass and Bioenergy*, 152, 106175. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106175>
- [4] Donglin He, W. Z., Ping Li, Sen Sun, Qiwei Tan, Kun Han, Luan Liu, Lang Liu, Xuanhui Qu. (2019). Bifunctional biomass-derived N, S dual-doped ladder-like porous carbon for supercapacitor and oxygen reduction reaction. *Journal of Alloys and Compounds*, 773, 11-20.
- [5] Rattanapan, S., Srikram, J., & Kongsune, P. (2017). Adsorption of Methyl Orange on Coffee grounds Activated Carbon. *Energy Procedia*, 138, 949-954. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.064>
- [6] Rattanaphan, S., Rungrotmongkol, T., & Kongsune, P. (2020). Biogas improving by adsorption of CO₂ on modified waste tea activated carbon. *Renewable Energy*, 145, 622-631. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.104>

สารยึดสีย้อมประจุบวกจากสารสกัดเคราติน

ศิริพร จันทร์ศิริ^{1*} และ อมราวดี ไทยสุชาติ²

บทคัดย่อ

สารยึดสีย้อมจากสารสกัดเคราติน ถูกสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 75 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดเคราตินจากขนไก่ กับสารปรุงแต่งประจุบวก (cationic modification agent) ซึ่งเตรียมจาก N-Triethanolamine และ Epoxy resin (อัตราส่วน 1:3) ในตัวทำละลายเบส โดยสารยึดสีย้อมที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะเป็นของเหลวหนืด สีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่น เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนที่ประกอบด้วยอนุพันธ์ของเกลือแอมโมเนียมประจุบวก มีคุณสมบัติช่วยยึดอนุภาคของสีย้อมกับเส้นใยบนผ้าฝ้าย ไม่ให้หลุดออกง่าย ทนต่อการซักล้าง เนื่องจากสารยึดสีย้อมเกิดอันตรกิริยาแบบไฟฟ้าสถิตระหว่างประจุบวกของสารปรุงแต่งกับไอออนลบของสีย้อม ซึ่งช่วยลดการละลายน้ำของสีย้อมได้ จากการทดลองทดสอบยืนยันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารยึดสีย้อมกับสีย้อม โดยใช้เทคนิค UV-Vis spectrophotometry ที่ความยาวคลื่น 358 นาโนเมตร ส่วนการย้อมติดสีของผ้าฝ้ายซึ่งถูกย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากสารสกัดเปลือกแก้วมังกร พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมด้วยสารยึดสีย้อมสามารถย้อมติดสีชมพูเข้มบนเนื้อผ้าได้ดี มีสีสม่ำเสมอ มีความคงทนต่อการซักและความคงทนต่อแสงอยู่ในระดับ 3 ในขณะที่ผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการย้อมด้วยสารยึดสีย้อม เนื้อผ้ามีสีย้อมติดเป็นสีชมพูอ่อน สีไม่สม่ำเสมอ ความคงทนต่อการซักและความคงทนต่อแสงอยู่ในระดับ 2

คำสำคัญ : สารยึดสีย้อมประจุบวก, เคราติน, สารปรุงแต่งประจุบวก

¹ ผศ. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

² นิสิตปริญญาตรี หลักสูตร กศ.บ.เคมี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

¹ Assist., Department of Basic Science and Mathematics, Faculty of Science, Thaksin University, Songkhla, 90000, Thailand

² Undergraduate student, Bachelor of Education (Chemistry), Faculty of Education, Thaksin University, Songkhla, 90000, Thailand

* Corresponding author: Tel.: 080-5319889. E-mail address: janttara@hotmail.com

Cationic Dye-fixing Agent from Keratin Extract

Siriporn Janttarakeeree^{1*} and Amarawadee Thaisuchat²

Abstract

Cationic dye-fixing agent from keratin extract was synthesized at 75 °C for 3 hours from reaction between keratin extract of chicken feathers and cationic modification agent which is prepared from N-Triethanolamine and Epoxy resin (ratio 1:3) in alkaline solvent. The synthetic dye-fixing agent obtained from the experiment is a viscous, gel-like, dark yellow, odorless liquid, consisting of protein derivatives of cationic ammonium salts. It has the property to hold dye particles to the fibers on cotton so that they do not fall off easily. Resistant to washing. This is because Cationic dye-fixing agent forms an electrostatic interaction between the cation of dye-fixing agent and the anions of the dyes. This reduces the water solubility of the dye. Cationic dye-fixing agent was tested for reaction with the dye using UV-Vis spectrophotometry at a wavelength of 358 nm. When used to test the staining of cotton, which is dyed with natural dye from dragon fruit peel extract. It was found that cotton fabrics that have been treated with dye binders can be dyed dark pink on the fabric. It has a uniform color. It has washing fastness and light fastness level 3. While cotton fabrics are not subjected to the use of dye-fixing agent have a dye in pale pink, uneven color, washing fastness and light fastness are level 2.

Keywords: Dye-fixing agent, keratin, cationic modification agent

บทนำ

การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีจากธรรมชาติ มักจะมีปัญหาการย้อมติดสี และตกสีของผ้าฝ้ายเมื่อผ่านการซัก เนื่องจากสีย้อมติดกับเส้นใยผ้าเท่านั้น ไม่ได้ถูกยึดจับด้วยพันธะเคมี ดังนั้นในกระบวนการย้อมผ้า จึงนิยมเติมสารช่วยย้อมหรือสารยึดสีย้อมเพื่อช่วยให้สีย้อมติดทนนาน ไม่ซีดและทนต่อการซักล้าง สารช่วยย้อมที่นิยมใช้มีหลายประเภท ได้แก่ สารช่วยย้อมอินทรีย์ เช่น แทนนิน โพรตีนจากนมถั่วเหลือง กรดออกซาลิก และพืชที่มีรสเปรี้ยว และสารช่วยย้อมอนินทรีย์ เช่น สารส้ม จุนสีเกลือของเหล็กหรือสนิมเหล็ก น้ำโคลน และน้ำปูนใส เป็นต้น (ปรีชา มูลสิน และคณะ, 2564) ซึ่งการใช้สารช่วยย้อมที่มาจากธรรมชาติมีข้อดีทั้งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและปลอดภัยต่อการใช้งาน แต่ไม่สามารถควบคุมคุณภาพของเฉดสีและความเข้มของเนื้อผ้าที่ย้อมให้คงที่ได้ ส่วนในอุตสาหกรรมสิ่งทอนิยมใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ในการย้อมสีกับเนื้อผ้า ซึ่งอาจจะมีปัญหาการปนเปื้อนของสารในผ้าที่ถูกย้อม ดังนั้นจึงมีงานวิจัย Saima sharif และคณะ (2007) ได้ศึกษาสารช่วยในการย้อมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสี โดยมีการใช้สารตั้งต้นที่ต่างกัน และพบว่าการใช้สารสังเคราะห์ Quaternary ammonium chloride สามารถนำไปใช้กับผ้าฝ้ายได้ดีที่สุด Liu, Y., & Zhao, X. (2017) ได้พัฒนาสารป้องกันสีตกจากสารประจุบวกที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์ โดยศึกษาการสังเคราะห์สารประจุบวกที่เป็นอนุพันธ์ของโปรตีนและนำไปใช้ในการย้อมผ้าฝ้าย และพบว่าผ้าย้อมที่ผ่านการบำบัดด้วยสารประจุบวกมีแนวโน้มที่จะช่วยลดความสามารถในการละลายน้ำของสีย้อมและเพิ่มความคงทนของสีในการซักผ้า โดยขนสัตว์ที่เป็นของเหลือใช้ถูกนำมาใช้ในปฏิกิริยาเพื่อเป็นตัวเชื่อมโยงสาร (crosslinking) ประจุบวก และสารประจุบวกที่ใช้เป็น quaternary ammonium ซึ่งเป็นสารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความคงทนของสี และ Mlia, S., Ahed, R., Yan, B., & Xing, T. (2020) ศึกษาการใช้เกลือ Quaternary ammonium Salt กับ Cationic modification ซึ่งใช้ไคโตซานเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ เป็นสารช่วยย้อมพบว่าสามารถย้อมเส้นใยเซลลูโลสด้วยสีย้อมประจุบวกได้ดี มีประสิทธิภาพเทียบเท่าการย้อมสีในอุตสาหกรรม

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาการสังเคราะห์สารยึดสีย้อมประจุบวก (Cationic modification agent) จากสารปรุงแต่งประจุบวกและสารสกัดเคราตินจากขนไก่ แล้วนำไปทดสอบการย้อมติดสีของผ้าฝ้ายด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกแก้วมังกรเนื้อขาว

วิธีการวิจัย

1) การเตรียมสาร

- เคราตินหรือผงโปรตีนจากขนไก่ (ดัดแปลงจาก Liu, Y., & Zhao, X., 2017) ทำโดยนำขนไก่ล้างทำความสะอาดด้วยการแช่ในกรดแกลซีลแอซิดิก (Glacial acetic acid; QRc™) 20% เป็นเวลา 10 นาที แล้วล้างด้วยน้ำ และตากให้แห้ง แล้วนำขนไก่ 50 กรัม มาสกัดเคราตินด้วยโซเดียมไบซัลไฟต์ (Sodium bisulphite; Ajax Finechem Pty.Ltd) 0.5 M ที่ 90°C 15 นาที แล้วย่อยด้วยยูเรีย (Urea; Ajax Finechem Pty.Ltd) 6 กรัม โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, Loba chemie PVT.LTD) 8 กรัม และน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร กวนต่ออีก 2 ชั่วโมง กรองส่วนผสมที่เย็นและปรับสารละลายให้มี pH 5 นำไปเซนตริฟิวจ์ เก็บส่วนของแข็ง
- สารปรุงแต่งประจุบวก (Cationic modification agent) (ดัดแปลงจาก Liu, Y., & Zhao, X., 2017) นำ N-Triethanolamine (Ajax Finechem Pty.Ltd) และ Epoxy resin (Epoxy chloropropane; Lab resin) อัตราส่วน 1:3 โดยมวล เติมน้ำในขวดก้นกลม 3 คอ เขย่าให้เข้ากัน ปั่นกวน 10 นาที ภายใต้อุณหภูมิ 50-70 °C แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40% ที่ละลายจนครบ 15 มิลลิลิตร ตั้งให้เกิดปฏิกิริยาประมาณ 6 ชั่วโมง ภายใต้อุณหภูมิคงที่ นำสารละลายที่ได้ไปกรองแบบลดความดัน

- สารย้อมสีย้อม (dye-fixing agent) (ดัดแปลงจาก Liu, Y., & Zhao, X., 2017) เตรียมโดยละลายผงโปรตีนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิไม่เกิน 75°C แล้วนำไปทำปฏิกิริยากับ Cationic modification agent อัตราส่วน 1:6 ในตัวทำละลายเบส บรรจุลงในขวดกันกลม 3 คอ ที่อุณหภูมิ 45-75 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
 - สีย้อมผ้า (ดัดแปลงจาก กมลลักษณ์และคณะ, 2557) ทำโดยนำผงเปลือกแก้วมังกรที่ผ่านการทำความสะอาดและอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C มาสกัดสีด้วยน้ำกลั่น กรองแล้วทำให้แห้ง จะได้ผงสีสำหรับย้อมผ้า
- 2) การย้อมสีผ้า นำผ้าฝ้ายตัดย้อมสีขาวขนาด 5*5 เซนติเมตร มาทดสอบการย้อม 2 แบบ แบบที่ 1 นำผงสีจากเปลือกของผลแก้วมังกรมาละลายในน้ำกลั่น แล้วนำไปย้อมผ้าโดยแช่ แบบที่ 2 นำผงสีมาละลายในสารย้อมสีย้อม 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปย้อมผ้า
 - 3) ทดสอบการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง cationic dye-fixing agent กับสีย้อม โดยเตรียมสารละลาย cationic dye-fixing agent และ cationic dye-fixing agent ผสมสีย้อม แล้วไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 358 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง UV-Vis spectrophotometer (Shimudzu)
 - 4) ทดสอบประสิทธิภาพของสารย้อมสีย้อมต่อการย้อมผ้า
นำผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมสีเปลือกแก้วมังกรทั้ง 2 แบบ มาการทดสอบความคงทนของสีย้อมบนผ้าต่อการซัก โดยสังเกตจากสีของน้ำที่ได้จากการซัก และทดสอบความคงทนของสีต่อแสง โดยทดสอบจากสีย้อมที่อยู่บนผ้า สามารถวัดระดับของการเปลี่ยนแปลงได้จากตารางระดับของค่าความคงทนของสีย้อมบนผ้าฝ้ายเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสีย้อมกับสารย้อมสีย้อม แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าการประเมินระดับค่าคงทนของสี

ค่าคงทนของสี	
ระดับ	หมายถึง
3	สีย้อมมีสีคงเดิม ไม่มีการซีดหรือจางลง
2	สีย้อมเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย
1	สีย้อมเปลี่ยนแปลงไป สีจางและซีดลงอย่างเห็นได้ชัด

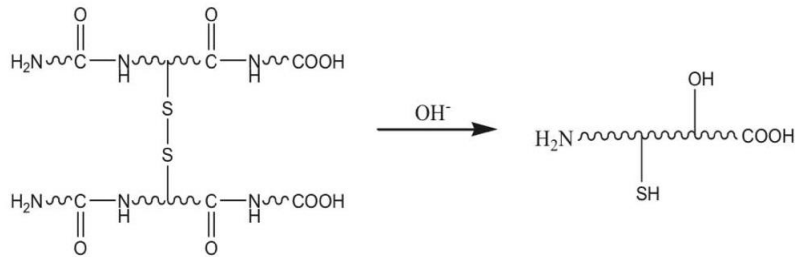
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

เคราตินหรือผงโปรตีนจากขนไก่ เตรียมจากขนไก่ 100.050 กรัม ผ่านกระบวนการทำความสะอาดด้วยกรดแกลซีลแอซิดิก และน้ำกลั่น และการย่อยด้วยยูเรียและโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 90°C และปรับค่า pH สารละลายโปรตีนที่มี pH 5 มีลักษณะเป็นของเหลวใส สีน้ำตาล ไม่มีกลิ่น และเมื่อทำให้แห้ง จะได้ผงโปรตีนสีเหลืองอ่อน หนัก 0.050 กรัม ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สารละลายโปรตีนจากขนไก่ และผงโปรตีนจากขนไก่

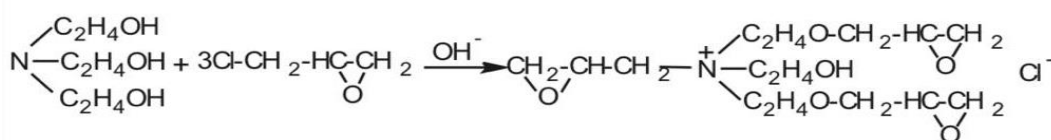
ผงเคลือบที่เตรียมได้เกิดจากปฏิกิริยาการสลายตัวของโปรตีน (Degradation reaction) ในขบวนการที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวนมาก โปรตีนจากขนไก่ถูกย่อยโดยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นเบส มีการทำลายพันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide bond) และเกิด salt linkage เกิดการแตกตัวของหมู่อะมิโนและหมู่คาร์บอกซิล ทำให้โปรตีนตกตะกอน แสดงปฏิกิริยาดังภาพที่ 2 (Liu, Y., & Zhao, X., 2017)



ภาพ 2 ปฏิกิริยาการสลายตัวของโปรตีนจากขนไก่ที่เตรียมได้

การเตรียม Cationic modification agent โดยใช้ N-Triethanolamine และ Epoxy resin อุณหภูมิประมาณ 70 °C และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40% เป็นเวลา 18 ชั่วโมง โดยมีปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นดังภาพที่ 3 (Liu, Y., & Zhao, X., 2017) เมื่อแยกของแข็งออกจากสารละลาย จะได้ของเหลวที่มีความหนืด สีเหลืองอ่อน ดังภาพ 4

Cationic modification agent เป็นสารปรุงแต่งที่มีตัวเชื่อมโยง (crosslinking) ชนิดเกลือควอเทอร์นารีแอมโมเนียมประจุบวก (cationic quaternary ammonium salt) และมีหมู่อีพอกซีอีเทน (epoxy ethane) จำนวนมาก ซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับสารประกอบอื่นที่มีหมู่อะมิโน (-NH₂), คาร์บอกซิล (-COOH), ไฮดรอกซิล (-OH) และสารมีขั้วกลุ่มอื่นๆได้ดี ดังนั้น Cationic modification agent จึงสามารถเกิดกับสารประกอบของโปรตีน แล้วทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีประจุบวกได้

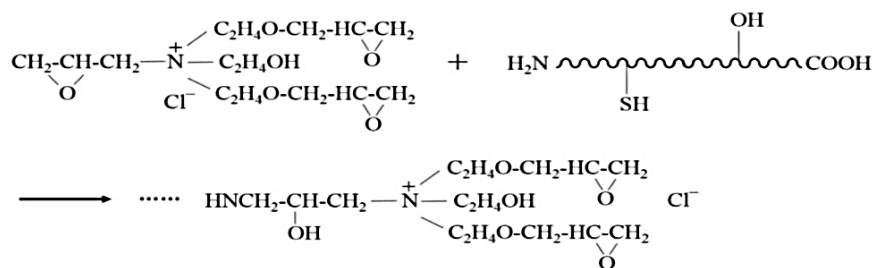


ภาพที่ 3 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ Cationic modification agent หรือการเปลี่ยนเป็นประจุบวกของโปรตีน

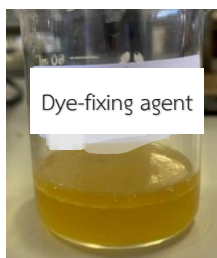


ภาพที่ 4 แสดง Cationic modification agent ที่เตรียมได้

ส่วนการสังเคราะห์ dye-fixing agent ทำโดยนำสารละลายเคลือบมาทำปฏิกิริยากับ Cationic modification agent ที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยปฏิกิริยาการสังเคราะห์ที่เกิดขึ้นแสดงดังภาพที่ 5 (Liu, Y., & Zhao, X., 2017) ได้สารมีลักษณะเป็นของเหลวกึ่งเจลสีเหลือง ไม่มีกลิ่น ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 5 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ Dye-fixing agent จากขนไก่

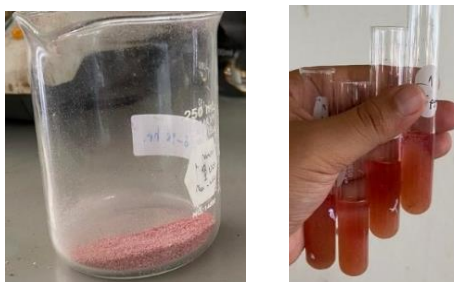


ภาพที่ 6 dye-fixing agent ที่สังเคราะห์ได้

dye-fixing agent จากขนไก่ที่สังเคราะห์ได้ มีคุณสมบัติเพิ่มประสิทธิภาพช่วยยึดอนุภาคของสีย้อมกับเส้นใยบนผ้าฝ้าย ไม่ให้หลุดออกง่าย ทนต่อการซักล้าง เนื่องจาก Dye-fixing agent เกิดอันตรกิริยาแบบไฟฟ้าสถิต (electrostatic interactions) ระหว่างประจุบวกของ Cationic modification agent กับไอออนลบของสีย้อม ซึ่งช่วยลดความสามารถในการละลายน้ำของสีย้อมได้ นอกจากนี้ Dye-fixing agent ที่เติมลงไปสามารถเกิดปฏิกิริยาโดยตรงกับเส้นใยผ้า ทำให้เกิดประจุบวกบนเส้นใยซึ่งช่วยในการตรึงดึงดูดสีย้อมประจุลบได้ด้วย

การทดสอบเพื่อยืนยันการเกิดอันตรกิริยาระหว่าง dye-fixing agent กับสีย้อม ทำได้โดยการนำ dye-fixing agent ผสมกับสีย้อมที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เทคนิค UV-Vis spectrophotometry ที่ความยาวคลื่น 358 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นที่ dye-fixing agent สามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุด จากการทดลองพบว่า dye-fixing agent มีค่าการดูดกลืนแสง เท่ากับ 3.5000 ในขณะที่ dye-fixing agent ผสมสีย้อม มีค่าการดูดกลืนแสงลดลงเหลือ 2.000 ซึ่งแสดงว่ามีปริมาณสีของ dye-fixing agent หายไปบางส่วน ซึ่งเกิดจากการที่ dye-fixing และสีย้อม ทำปฏิกิริยากัน

การเตรียมผงสีย้อมผ้าทำได้โดยการล้างเปลือกแก้วมังกรเนื้อขาวให้สะอาดแล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C บดให้ละเอียด แล้วนำสกัดสีด้วยน้ำกลั่น และแยกส่วนของแข็งออกมาทำแห้งอีกครั้ง ได้ผงสีดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 สีย้อมจากเปลือกแก้วมังกรเนื้อขาว

สีย้อมที่ผสมสารตรึงประจุบวกเพื่อปรับปรุงความคงทนต่อการตกของสีย้อมและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการติดสีของสีย้อมบนผ้าฝ้าย โดยหลังการย้อมสีจะทำให้เกิดสารประกอบคีเลตระหว่างสีและเส้นใยซึ่งจะช่วยลดความมันและความสามารถในการละลายของสีย้อมที่เตรียมได้ เมื่อละลายในน้ำเพื่อปรับปรุงความคงทนของสีย้อม สีย้อมที่ละลายน้ำซึ่งมีคุณสมบัติเป็นประจุลบ ที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนกับกลุ่มประจุบวกของสารตรึงบนเส้นใยของผ้าเพื่อสร้างเกลือที่ไม่ละลายน้ำให้เกิดขึ้นได้

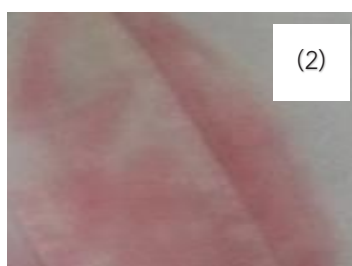
จากผลของการใช้ Dye-fixing agent ต่อประสิทธิภาพการติดสีของสีย้อมบนผ้าฝ้าย แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการผสมสารย้อมสี มีลักษณะของเนื้อผ้าไม่เปลี่ยนแปลงทั้งก่อนและหลังการย้อมสี สีย้อมสามารถติดบนเนื้อผ้าได้ดี มีสีแดงเข้มเห็นได้ชัดเจน เมื่อนำไปซักหลังการย้อมพบว่าไม่มีการตกของสีย้อมปนเปื้อนในน้ำที่ซัก และเมื่อนำไปทดสอบความคงทนต่อการซักและความคงทนต่อแสง ได้ผลประเมินอยู่ในระดับที่ 3 หมายถึง สีย้อมยังคงมีสีแดงเข้ม ปรากฏลักษณะบนเนื้อผ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงไป สีบนเนื้อผ้าไม่ซีดหรือจางไปจากเดิม ในขณะที่ผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการผสมสารย้อมสี มีลักษณะของเนื้อผ้าไม่เปลี่ยนแปลงทั้งก่อนและหลังการย้อมสีเหมือนกัน แต่สีย้อมติดบนเนื้อผ้าได้ไม่สม่ำเสมอ สีค่อนข้างอ่อนเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ผ่านการผสมสารย้อมสี ดังภาพที่ 8 เมื่อนำไปซักพบว่ามี การตกของสีย้อมปนเปื้อนในน้ำที่ซักเล็กน้อย การทดสอบความคงทนต่อการซักและความคงทนต่อแสง ได้ผลการประเมินอยู่ในระดับที่ 2 หมายถึง สีย้อมบนผ้าฝ้ายมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

ตารางที่ 2 ผลของการใช้ Dye-fixing agent ต่อประสิทธิภาพของสีย้อมบนผ้าฝ้าย

การย้อมสีผ้าฝ้าย	การย้อมติดสีของผ้า	การตกของสีย้อม	ค่าคงทนต่อการซัก	ความคงทนต่อแสง
ผสมสารย้อมสี	สีย้อมติดบนผ้าดี มีสีแดงเข้มเห็นได้ชัดเจน	เมื่อผ่านการซัก ไม่มีการตกของสีย้อม	3	3
ไม่ผสมสารย้อมสี	สีย้อมติดบนผ้าไม่สม่ำเสมอ สีค่อนข้างอ่อน	เมื่อผ่านการซัก มีการตกของสีย้อมเล็กน้อย	2	2



(1)



(2)

ภาพที่ 8 ผ้าฝ้ายด้ายดิบที่ถูกย้อมสี (1) ผ่านการผสมสารย้อมสี (2) ไม่ผ่านการผสมสารย้อมสี

สรุปผลการวิจัย

Cationic dye-fixing agent จากสารสกัดเคราติน ถูกสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดเคราตินจากขนไก่ กับสารปรุงแต่งประจุบวก (cationic modification agent) ซึ่งเตรียมจาก N-Triethanolamine และ Epoxy resin (อัตราส่วน 1:3) ในตัวทำละลายเบส ส่วนสารสกัดเคราตินได้จากการนำขนไก่มาสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 M ที่ 90°C 15 นาที และย่อยในสารละลายผสมของยูเรียและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 ชั่วโมง และปรับสภาพสารละลายให้มี pH 5 ก่อนนำมาทำให้แห้ง

Cationic dye-fixing agent ที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะเป็นของเหลวหนืด สีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่น เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนที่ประกอบด้วยอนุพันธ์ของเกลือแอมโมเนียมประจุบวก มีคุณสมบัติช่วยยึดอนุภาคของสีย้อมกับเส้นใยบนผ้าฝ้าย ไม่ให้หลุดออกง่าย ทนต่อการซักล้าง เนื่องจากสารย้อมสีย้อมเกิดอันตรกิริยาแบบไฟฟ้าสถิตระหว่างประจุบวกของสารปรุ้งแต่งกับไอออนลบของสีย้อม ซึ่งช่วยลดการละลายน้ำของสีย้อมได้ จากการทดลองทดสอบยืนยันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารย้อมสีย้อมกับสีย้อม โดยใช้เทคนิค UV-Vis spectrophotometry ที่ความยาวคลื่น 358 นาโนเมตร ส่วนการย้อมติดสีของผ้าฝ้ายซึ่งถูกย้อมด้วยสีธรรมชาติจากสารสกัดเปลือกแก้วมังกร พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการใช้สารย้อมสีย้อมสามารถย้อมติดสีชมพูเข้มบนเนื้อผ้าได้ดี มีสีสม่ำเสมอ มีความคงทนต่อการซักและความคงทนต่อแสงอยู่ในระดับ 3 สีย้อมยังคงมีสีเดิม ปรากฏลักษณะบนเนื้อผ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงไป สิบบนเนื้อผ้าไม่ซีดจางไปจากเดิม ในขณะที่ผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการการใช้สารย้อมสีย้อมเนื้อผ้ามีสีย้อมติดเป็นสีชมพูอ่อน สีไม่สม่ำเสมอ ความคงทนต่อการซักและความคงทนต่อแสงอยู่ในระดับ 2 สีย้อมบนผ้าฝ้ายมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนวิจัยจากหลักสูตร กศ.บ.เคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

เอกสารอ้างอิง

- กมลลักษณ์ มาสำโรง และ วรพจน์ สุนทรสุข. (2557). ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและต้านแบคทีเรียของสารสกัดเปลือกแก้วมังกร. *วิทยาศาสตร์เกษตร*, 45(2), 269-271.
- ปรีชา มุลสิน, ทันทิรา พันขารี และ กนกกรณ์ ศิริทิพย์. (2564). การศึกษาการย้อมสีธรรมชาติจากใบยางพาราโดยใช้สารส้มจุนสีและสนิมเหล็กเป็นสารช่วยติดสี. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 2(1), 35-40.
- Charyya, B., & Chouhan, S. (1991). Interaction of direct dyes with cationic dye fixing agent. *Indian Journal of Fiber & Textile Research*, 16(2), 140-145.
- Liu, Y., & Zhao, X. (2017). Preparation of a Cationic Environment-Friendly Fixing Agent. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, vol.25, 6(126), 96-102.
- Mlia, S., Ahed, R., Yan, B., & Xing, T. (2020). Preparation of small molecular Quaternary Ammonium Salt and Cationic Modification of Cellulosic fiber. *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology*, 8(2), 12-17.
- Sharif, S., Ahmad, S., & Muhammad, M. (2007). Role of quaternary ammonium salts in improving the fastness properties of anionic dyes on cellulose fibers. *Coloration Technology*, 123(1), 125-127.
- Wrzesniewska-Tosik, K., & Adamiec, J. (2007). Biocomposites with a Content of Keratin from Chicken Feathers. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 1(15), 106-112.
- Yin, X.C., Li, F.Y., He, Y.F., Wang, Y., & Wang, R.M. (2013). Study on Effective Extraction of Chicken Feather Keratins and Their Films for Controlling Drug Release. *Journal of Biomaterials Science*, 5(1), 15.



Session

**ฟิสิกส์ ฟิสิกส์ศึกษา
และวิศวกรรมศาสตร์**

การเตรียมและสมบัติของยางคอมปาวด์ผสมผงทรายแก้วกับเขม่าดำ

กฤษณา พัชรสิทธิ์^{1*} ต่าย บัณฑิตศักดิ์² และธารทิพย์ สิทธิรักษ์³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมและศึกษาสมบัติของยางคอมปาวด์ผสมผงทรายแก้วที่ 30 phr ทำการปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 5 %w/w แล้วเติมสารเสริมแรงเขม่าดำแปรปริมาณต่าง ๆ คือ 5, 10, 15 และ 20 phr ผสมด้วยเครื่องผสมยางสองลูกกลิ้งให้เข้ากันและขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 140 °C ตรวจสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางและสมบัติเชิงกล คือ ค่าความทนต่อแรงดึงและระยะยืด ณ จุดขาด และลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่า ระยะเวลาการคงรูปจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารเสริมแรงเขม่าดำ และค่าความทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเขม่าดำสูงสุดที่ปริมาณ 15 phr เนื่องจากการเกิดอันตรกิริยาระหว่างสายโซ่โมเลกุลของยางและสารเสริมแรง นอกจากนี้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาตรวจสอบด้วยเครื่อง SEM พบว่า เมื่อปริมาณสารเสริมแรงเขม่าดำที่ปริมาณ 20 phr จะเกิดการรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนซึ่งส่งผลต่อสมบัติเชิงกลทำให้ค่าความทนต่อแรงดึงลดลง

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ เขม่าดำ ผงทรายแก้ว สมบัติเชิงกล

¹ผศ.ดร., หลักสูตรวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

²ดร., หลักสูตรวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

³อาจารย์., หลักสูตรวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹Assist.Prof. Dr., Rubber and Polymer Engineering Program, Faculty of Engineering, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

²Dr., Mechatronics Engineering Program, Faculty of Engineering, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

³Lecturer., Mechatronics Engineering Program, Faculty of Engineering, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

*Corresponding author: E-mail address: kritsada.p@tsu.ac.th, Tel.: 074-609600 ext. 3622

Preparation and Properties of Rubber Compounds Mixed with Glass Sand Powder and Carbon Black

Kritsada Phatcharasit^{1*} Tai Bundisak² and Thantip Sittiruk³

Abstract

The objectives of research were to study on the preparation and properties of rubber compound mixed with glass sand powder at 30 phr with improve the surface with sodium hydroxide solution at a concentration of 5 %w/w. and then add different amounts of modified carbon black additives, which are 5, 10, 15 and 20 phr. The rubber compound was mixed with a two-roll mill and formed by a compression molding process at 140 °C. The effect of rubber compound on the vulcanization characteristics, mechanical properties are tensile strength and elongation at break and morphological characteristics were investigated. It was found that the curing time and tensile strength increased with the amount of carbon black reinforcing agent. In addition, the morphological characteristics examined by SEM revealed that when the amount of carbon black reinforcement at 20 phr, agglomeration which affects the mechanical properties causing the tensile strength to decrease.

Keywords: Natural rubber, Carbon black, Glass sand powder, Mechanical properties

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกยางธรรมชาติ (Natural Rubber, NR) มากที่สุดเป็นอันดับหนึ่งของโลก ในปี 2563 ประเทศไทยมีผลผลิตรวมคิดเป็นร้อยละ 38.2 ของผลผลิตโลกหรือประมาณ 4.4 ล้านตัน จาก 12.9 ล้านตันของยางธรรมชาติทั่วโลก (กองการยาง, 2563) ซึ่งสามารถทำรายได้เข้าประเทศได้ปีละกว่า 400,000 ล้านบาท แต่การส่งออกยางธรรมชาติส่วนใหญ่อยู่ในรูปวัตถุดิบแปรรูปขั้นต้น ซึ่งสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้น้อย เช่น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง และน้ำยางข้น เป็นต้น ทำให้มีผลต่อการสร้างรายได้เข้าสู่ประเทศและการยกระดับรายได้ของเกษตรกรไม่มากเท่าที่ควรและหากได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นก็จะส่งผลดีต่อประเทศและเกษตรกรชาวสวนเป็นอย่างมาก (ชัยวัช โสวเจริญสุข, 2564)

ยางธรรมชาติมีสมบัติเด่น คือ มีความยืดหยุ่น (Elasticity) สูงทั้งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำ ความเหนียวติดกัน (Tack) ในสภาพที่ยังไม่คงรูปดีเยี่ยม มีความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) สูงมาก โดยไม่ต้องเติมสารเสริมแรง มีความทนต่อการฉีกขาด (Tear strength) สูง มีสมบัติเชิงพลวัต (Dynamic properties) ที่ดี มีความต้านทานต่อการล้าตัว (Fatigue resistance) และความต้านทานต่อการขัดถู (Abrasion resistance) สูง (พงษ์ธร แซ่ฮุย, 2548 และ Mahmood, & Azarian, 2015) แต่ข้อด้อยของยางธรรมชาติ คือ มีพันธะไม่อิ่มตัวหรือพันธะคู่ (Unsaturated) (วรารักษ์ ขจรไชยกุล, 2549) ในสายโซ่โมเลกุลหลักจึงง่ายต่อการทำปฏิกิริยากับความร้อน โอโซนและแสงแดด เป็นต้น (วรารักษ์ ขจรไชยกุล, 2554) จึงจำเป็นต้องเติมสารเคมีลงไปเพื่อปรับปรุงข้อด้อยของยางธรรมชาติด้วยผงทรายแก้วซึ่งทำหน้าที่เป็นสารตัวเติมที่เกิดจากแร่ประเภทควอตซ์ (Quartz) มีส่วนประกอบทางเคมีเป็นซิลิกา (SiO_2) สูงกว่า 98 % ควอตซ์ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เซรามิค อาจพบได้ทั้งแบบที่เกิดเป็นสาย (Vein) ซึ่งตัดแทรกเข้ามาในหินแกรนิตหรือหินอื่น ๆ และในรูปแบบของทรายแก้ว โดยทรายแก้วจะมีเปอร์เซ็นต์ของซิลิกาสูงกว่า 95% ซึ่งส่วนประกอบของซิลิกาสามารถทำหน้าที่เป็นสารตัวเติมเพิ่มความแข็งแรงให้กับยางธรรมชาติได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Steyn, et al., 2021 ได้เตรียมผงทรายแก้วกับยางครีမ်ผสมลงในคอนกรีตเพื่อปรับปรุงสมบัติเชิง พบว่า มีสมบัติเชิงกลที่ดี แต่มีความทนทานต่ำ และงานวิจัย Samiha, et al., 2019 ได้ศึกษาผลการทดลองที่ใช้แล้วร่วมกับผงทรายแก้ว หรือผงทรายซิลิกาต่อส่วนผสมของซีเมนต์ พบว่า มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณผงทรายแก้วเพิ่มขึ้น มีความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดได้ดีขึ้น

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาการเตรียมและสมบัติของยางคอมปาวด์ที่ผสมกับผงทรายแก้ว ซึ่งทำการปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 5 %w/w แปรปริมาณของสารเสริมแรงเขม่าดำที่ปริมาณต่าง ๆ คือ 5, 10, 15 และ 20 phr ผสมด้วยเครื่องผสมยางสองลูกกลิ้งให้เข้ากันและขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 140 °C ตรวจสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางและสมบัติเชิงกล คือ ค่าความทนต่อแรงดึงและระยะยืด ณ จุดขาด และลักษณะทางสัณฐานวิทยา เพื่อปรับปรุงสมบัติของยางและสามารถนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางได้

วิธีการวิจัย

1. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ยางธรรมชาติ (Natural rubber) จากชุมนุมสหกรณ์กองทุนสวนยางตรัง จำกัด, ผงทรายแก้ว (Glass sand powder) จากบริษัท อินฟินิท คราฟท์ จำกัด, สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จากบริษัท Sigma-aldrich จำกัด และสารเคมีสำหรับยางอื่น ๆ เช่น ซิงค์ออกไซด์ (ZnO), กรดสเตียริก (Stearic acid), สารตัวเร่ง (MBTS), สารแอนติออกซิแดนท์ (TMO), สารตัวเติม (Carbon black, N330) และกำมะถัน (Sulphur) จากหจก.กิจไพบูลย์เคมี จำกัด

2. การเตรียมยางคอมปาวด์ผสมผงทรายแก้วและเขม่าดำ

ยางธรรมชาติมาผสมกับสารเคมีต่าง ๆ (ดังตารางที่ 1) ด้วยเครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง (Two roll mill) ทำการแปรปริมาณของสารตัวเติมเขม่าดำและเติมผงทรายแก้วที่ทำการปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 5 %w/w เตรียมผสมให้เข้ากัน แล้วขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดขึ้นรูป (Compression molding) แล้วนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล

ตารางที่ 1 สูตรยางคอมปาวด์ผสมผงทรายแก้วและเขม่าดำ

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (phr)				
	No CB	CB5	CB10	CB15	CB20
ยางธรรมชาติ	100	100	100	100	100
Stearic acid	1	1	1	1	1
ZnO	3	3	3	3	3
MBTS	1	1	1	1	1
TMQ	1	1	1	1	1
Glass sand powder	30	30	30	30	30
Carbon black (N 330)	-	5	10	15	20
Sulphur	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

3. การทดสอบสมบัติของยางวัลคาไนซ์และยางคงรูป

3.1 การทดสอบยางวัลคาไนซ์

ตรวจสอบลักษณะการคงรูปของยางด้วยเครื่อง Moving die rheometer (MDR 2000) เพื่อหาค่าระยะเวลาของยางสก็อชหรือยางเริ่มเชื่อมขวาง (Scorch time, t_s) และค่าระยะเวลายางคงรูปเต็มที่ (Optimum cure time, t_{c90}) ซึ่งประกอบไปด้วยค่าแรงบิดต่ำสุด (Minimum torque, M_L) ค่าแรงบิดสูงสุด (Maximum torque, M_H) ที่อุณหภูมิ 140 °C และความแตกต่างของแรงบิดหาได้จาก $M_H - M_L$

3.2 การทดสอบยางคงรูป

3.2.1 สมบัติทนต่อแรงดึงและระยะยืด ณ จุดขาด

ตรวจสอบสมบัติเชิงกลของยางคงรูปด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (LLOYD instrument LR10K) โดยตัดชิ้นงานทดสอบเป็นรูปดัมเบล (Dumbbell) โดยใช้เครื่องตัดขึ้นทดสอบแบบ Die C ตามมาตรฐาน ASTM D412 แล้ววัดความหนาด้วยเครื่องวัดความหนา (Thickness meter) โดยใช้ความเร็วในการดึง 300 มิลลิเมตรต่อนาที บันทึกค่าความเค้น ณ จุดขาด (Stress at break) หรือค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ดังสมการที่ 1 และค่าเปอร์เซ็นต์ระยะยืด ณ จุดขาด (%Elongation at break) ดังสมการที่ 2

การคำนวณหาค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength)

$$\text{Tensile strength} = \frac{\text{maximum load}}{A} \quad \dots \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ Maximum load คือ แรงดึงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดสอบขาด (นิวตัน)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบขณะยังไม่ยืด (ตารางมิลลิเมตร)

การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ระยะยืด ณ จุดขาด (%Elongation at break)

$$\% \text{Elongation at break} = 100 \times \frac{(L - L_0)}{L_0} \quad \dots \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ L คือ ระยะที่ขึ้นทดสอบสามารถยึดตัวได้จนขาด (มิลลิเมตร)
 L_0 คือ ระยะกำหนดก่อนทำการทดสอบ (มิลลิเมตร)

3.2.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphology property) ตัวอย่างจะถูกติดบนตลับทองเหลืองและเคลือบตัวอย่างด้วยชั้นบาง ๆ ของทอง เพื่อตรวจสอบพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) รุ่น Quanta 450 FEG ประเทศเยอรมนี

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

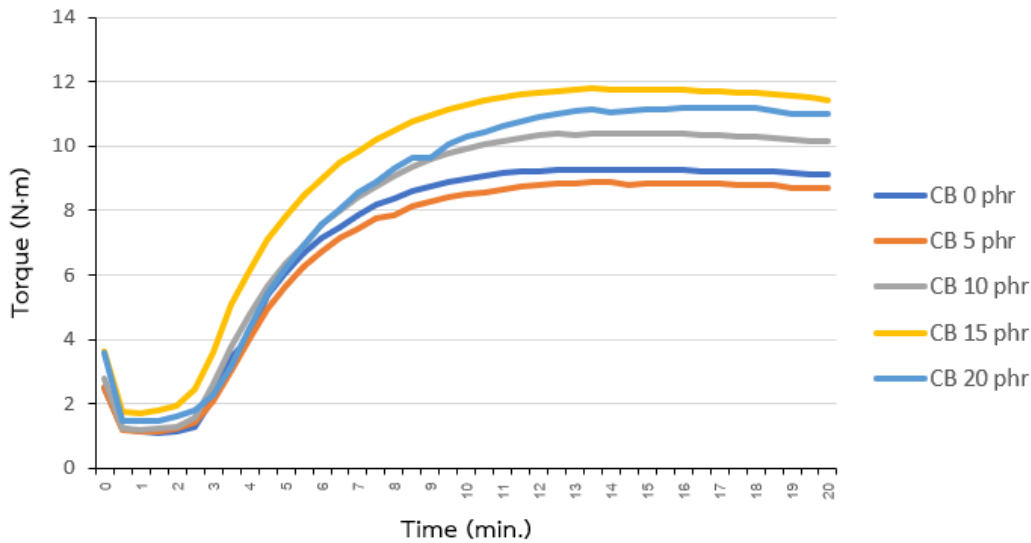
1. ผลของลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางคอมปาวด์ผสมผงทรายแก้วและเขม่าดำ

จากการเตรียมยางคอมปาวด์ผสมผงทรายแก้วและเขม่าดำด้วยเครื่องผสมยางสองลูกกลิ้ง โดยทำการแปรปริมาณเขม่าดำ N330 ที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 phr แล้วนำไปทดสอบหาลักษณะของการวัลคาไนซ์ของยาง

ตารางที่ 4.1 ผลของปริมาณเขม่าดำต่อการวัลคาไนซ์ของยางคอมปาวด์ผสมผงทรายแก้ว

สูตร	M_H (N·m)	M_L (N·m)	ΔM (N·m)	T_{51} (min)	T_{90} (min)
No CB	9.29	1.09	8.20	2.57	8.12
CB5	9.40	1.12	7.78	3.03	8.33
CB10	10.47	1.15	9.32	2.50	8.53
CB15	11.81	1.67	10.14	2.57	8.52
CB20	11.22	1.45	9.77	3.08	9.53

แสดงค่าทอร์กกับเวลาของยางธรรมชาติที่เติมเขม่าดำปริมาณต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส โดยพบว่า สูตรที่ไม่เติมเขม่าดำจะมีค่าทอร์กต่ำสุด (M_L) น้อยที่สุด เมื่อมีการเติมสารเสริมแรงจะเห็นว่า การเพิ่มปริมาณเขม่าดำส่งผลให้ค่าทอร์กต่ำสุด (M_L) มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าทอร์กต่ำสุด (M_L) จะมีความสัมพันธ์กับค่าความหนืดของยางคอมปาวด์ และสูตรที่เติมเขม่าดำที่ปริมาณ 10, 15 และ 20 phr จะมีค่าทอร์กสูงสุด (M_H) ที่มากกว่าสูตรที่ไม่เติมเขม่าดำ และสูตรเขม่าดำ 15 phr มีค่าทอร์กสูงสุด (M_H) สูงที่สุด เนื่องจากยางมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและเกิดการ Crosslink density ระหว่างยางกับสารตัวเติมระยะเวลาก่อนยางวัลคาไนซ์และระยะเวลาการคงรูป (T_{90}) จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของการเติมเขม่าดำ ซึ่งผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยเกิดพันธะเคมีเชื่อมขวางทำให้ยางคงรูป เนื่องจากสายโซ่โมเลกุลของยางเกิดอันตรกิริยาสามารถเกี่ยวพันหรือสอดแทรกในโครงสร้างของเขม่าดำ

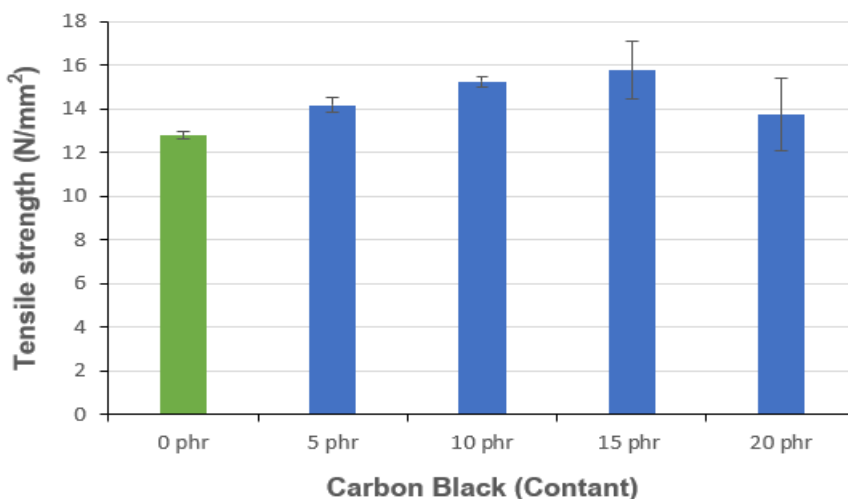


รูปที่ 1 ลักษณะการวัดคาน้ำของยางคอมปาวด์ผสมผงทรายแก้วและเขม่าดำ

และจากลักษณะการวัดคาน้ำของยางคอมปาวด์ที่เขม่าดำที่ 15 phr มีค่าทอร์กสูงกว่าที่ 20 phr เนื่องจากการเติมปริมาณเขม่าดำเพิ่มขึ้นเกิดการกระจายตัวได้ไม่ดีและรวมตัวเป็นกลุ่มก้อนจึงส่งผลต่อการวัดคาน้ำของยางคอมปาวด์

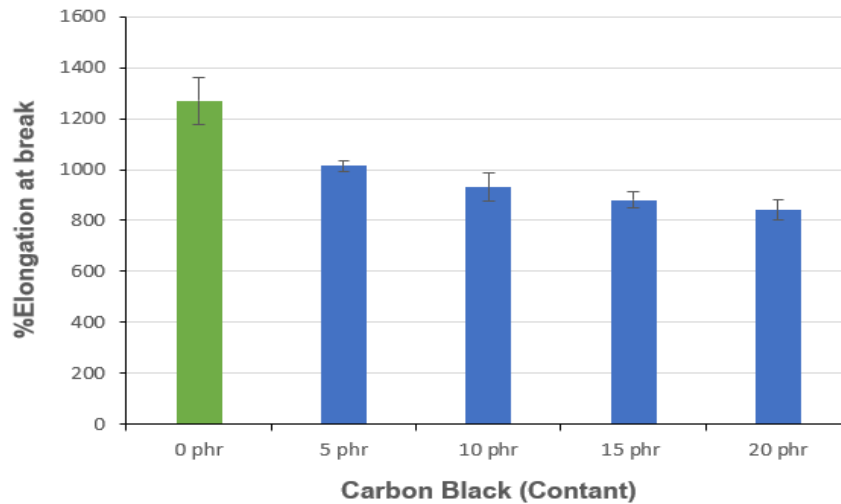
2. ผลค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) และระยะยืด ณ จุดขาด (Elongation at Break)

จากรูปที่ 2 พบว่า ยางที่เติมเขม่าดำที่ 5, 10 และ 15 phr ค่า Tensile Strength มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับยางที่ไม่เติมเขม่าดำ และยางที่เติมเขม่าดำ 20 phr ค่า Tensile strength แนวโน้มลดลง เนื่องจากเขม่าดำที่ทำหน้าที่เป็นสารเสริมแรงเกิดการรวมตัวเป็นกลุ่มก้อนส่งผลให้ค่าค่าความทนต่อแรงดึงลดลง ซึ่งตรงกันข้ามกับทฤษฎีการเติมเขม่าดำเป็นสารเสริมแรงที่ทำให้เกิดการเชื่อมโยงกับโมเลกุลของยางทำให้ยางมีความแข็งแรงมากขึ้นส่งผลให้ค่า Tensile strength สูงขึ้น อาจเนื่องมาจากอนุภาคของผงทรายแก้วที่เติมลงไปขัดขวางการเชื่อมโยงระหว่างอันตรกิริยาของยางและสารตัวเติมได้



รูปที่ 2 ค่าความทนต่อแรงดึงของยางคอมปาวด์ผสมผงทรายแก้วและเขม่าดำ

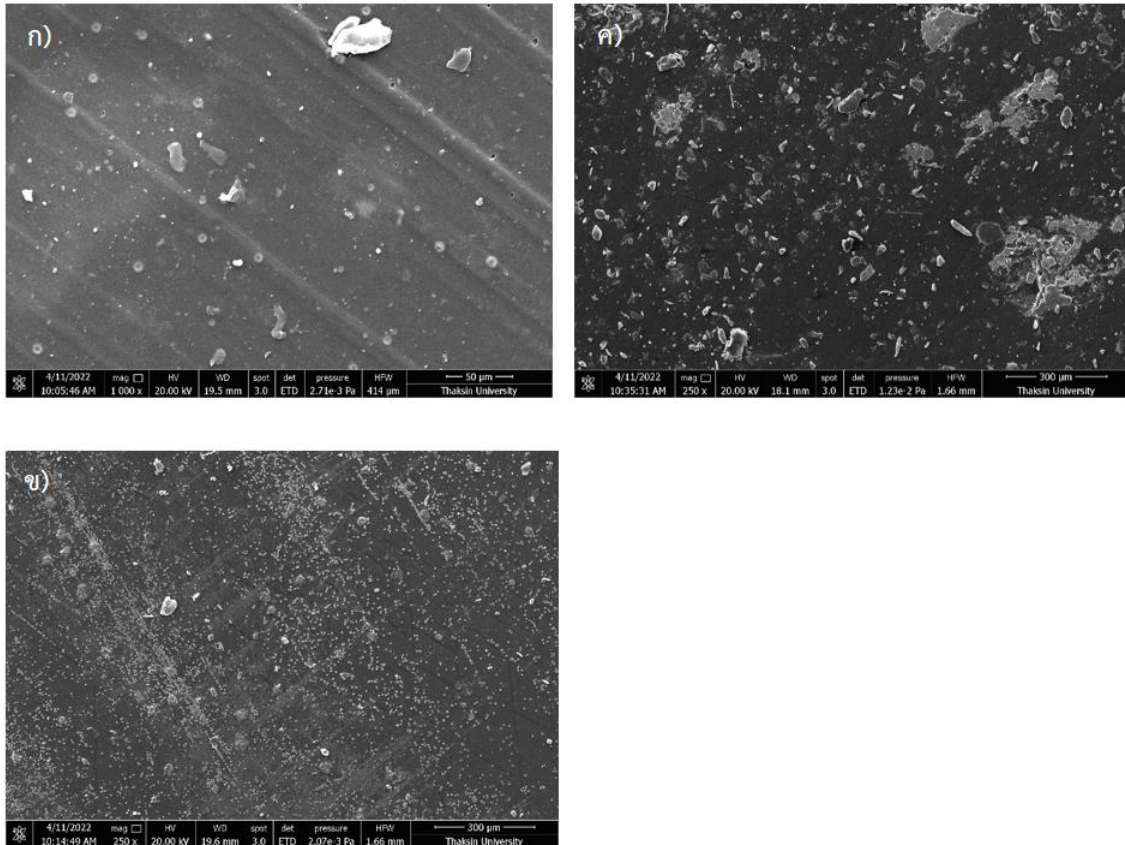
จากรูปที่ 3 จะเห็นว่า ค่าระยะยืด ณ จุดขาดเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการดึงยืดของวัสดุ พบว่า ยางคอมปาวด์ผสมผงทรายแก้วแต่ไม่เติมเขม่าดำนั้นมีเปอร์เซ็นต์ระยะยืด ณ จุดขาดสูงที่สุดและเมื่อเติมเขม่าดำที่ 5, 10, 15 และ 20 phr ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ระยะยืด ณ จุดขาดมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากยางมีการเชื่อมขวางของสายโซ่โมเลกุลของยางหลังการคงรูปเพิ่มขึ้น



รูปที่ 3 เปอร์เซ็นต์ระยะยืด ณ จุดขาดของยางคอมปาวด์ผสมผงทรายแก้วและเขม่าดำ

3. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของยางคอมปาวด์ผสมผงทรายแก้วและเขม่าดำ

จากรูปที่ 4 แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของภาพ SEM ของยางธรรมชาติที่ไม่ได้เติม และเติมสารเขม่าดำที่ปริมาณต่าง ๆ โดยพบว่า รูป (ก) สูตรที่ไม่เติมเขม่าดำสารเคมีที่บริเวณผิวหน้าค่อนข้างน้อย (ข) สูตรที่เติมเขม่าดำ 15 phr พบว่ามีเขม่าดำกระจายตัวทั่วทั้งในเนื้อยางและผิวยาง ส่วนรูป (ค) สูตรที่เติมเขม่าดำ 20 phr พบว่ามีเขม่าดำรวมตัวเป็นกลุ่มก้อนในเนื้อยาง ซึ่งส่งผลต่อสมบัติเชิงกลของยางและในการผสมผงทรายแก้วพบว่า ผงทรายแก้วอยู่ในเนื้อของยางผสม และมีส่วนที่เคลื่อนที่มาอยู่บนผิวหน้าของชิ้นงาน



รูปที่ 4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของยางคอมปาวด์ผสมผงทรายแก้ว ก.) ไม่เติม Carbon black ข) เติม Carbon black ที่ 15 phr และ ค) เติม Carbon black ที่ 20 phr

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเติมสารเสริมแรงเขม่าดำที่ปริมาณ 5, 10, 15 และ 20 phr ในยางคอมปาวด์ผสมผงทรายแก้วด้วยเครื่องผสมยางสองลูกกลิ้ง เพื่อศึกษาสมบัติการวัลคาไนซ์ สมบัติค่าความทนต่อแรงดึงและระยะยืด ณ จุดขาด และลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่า เมื่อปริมาณสารเสริมแรงเขม่าดำเพิ่มขึ้นระยะเวลาการคงรูป (T_{c90}) จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของการเติมเขม่าดำ ค่าความทนต่อแรงดึงและระยะยืด ณ จุดขาดจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารเสริมแรง เขม่าดำเช่นกัน แต่ในทางกลับกันลักษณะทางสัณฐานวิทยาเมื่อปริมาณของสารเสริมแรงเขม่าดำเพิ่มขึ้น พบว่าเกิดการรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนของสารเสริมแรงเขม่าดำ ซึ่งปริมาณของเขม่าดำจะส่งผลต่อสมบัติเชิงกล และผงทรายแก้วที่ทำการเตรียมพื้นผิวเพื่อผสมในยางคอมปาวด์ส่งผลต่อสมบัติการวัลคาไนซ์ของอันตรกิริยาระหว่างยางและสารเสริมแรงได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่เอื้อเพื่อสถานที่และอุปกรณ์สำหรับการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] กองการยาง. (2563). สลิตียางประเทศไทย รายงานประจำปี 2563. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2565, จาก <https://www.doa.go.th/rubber/?p=2140>.
- [2] ชัยวัช โขวเจริญสุข. (2564). แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรมปี 2564-2566 : อุตสาหกรรมยางพาราแปรรูป. ธนาคารกรุงศรีอยุธยา. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2565, จาก <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/agriculture/rubber/IO/io-rubber-21>
- [3] พงษ์ธร แซ่ฮุย. (2548). ยาง: ชนิด สมบัติและการใช้งาน. ปทุมธานี : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.
- [4] Mahmood, W.A.K. and Azarian, M.H. (2015). Thermal, surface, nanomechanical and electrical properties of epoxidized natural rubber (ENR-50)/ polyaniline composite films. **Current Applied Physics**. 15, 599-607.
- [5] วราภรณ์ ขจรไชยกูล. (2549). ยางธรรมชาติ: การผลิตและการใช้งาน. กรุงเทพฯ : หจก. ซีโนดีไซน์ จำกัด.
- [6] วราภรณ์ ขจรไชยกูล. (2554). ผลิตภัณฑ์ยาง: กระบวนการผลิตและเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีโน พับลิชชิง (ประเทศไทย) จำกัด. พิมพ์ครั้งที่ 2
- [7] Steyn, Z.C., Babafemi, A.J., Fataar, H. and Combrinck, R. (2021). Concrete containing waste recycled glass, plastic and rubber as sand replacement, **Construction and Building Materials**. 269, 121-242.
- [8] Samiha R., Abdelhamid G., ML B. And José B. A., (2019). Physical and mechanical performance of concrete made with waste rubber aggregate, glass powder and silica sand powder, **Journal of Building Engineering**. 21, 302-311.



Session
คณิตศาสตร์
และคอมพิวเตอร์

เทคนิคการตรวจจับอากาศยานด้วยคอมพิวเตอร์วิชันเรียนรู้เชิงลึกประยุกต์ใช้

อัลกอริทึม YOLOv7

ศิริชัย ลาภาสระน้อย¹ อนันท์ เกสูงเนิน² เกรียงกมล มงคลเมือง² อัถล์ ศรีเนตร² ภากร นาคศรี²
 ประเมษฐ์ นวมโคกสูง² โยธิน หล่าสกุล² นพณัฐ จิตกรียาน² และปิยรัตน์ งามสนธิ³

บทคัดย่อ

จำนวนโดรนที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบันอันตรายจากการใช้งานอย่างผิดกฎหมาย จึงจำเป็นต้องมีระบบป้องกันโดรนอัตโนมัติ โดยทั่วไปใช้เซนเซอร์ประเภทเสียง เรดาร์ สัญญาณความถี่วิทยุ และภาพ การตรวจจับด้วยภาพจากกล้องเป็นความท้าทาย การมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์อย่างแม่นยำในการจำแนกสิ่งที่คล้ายคลึงกันอย่างเช่น นก เครื่องบิน หรือวัตถุในอากาศ บทความนี้นำเสนอการตรวจจับอากาศยานด้วยคอมพิวเตอร์วิชันการเรียนรู้เชิงลึกประยุกต์ใช้อัลกอริทึม YOLOv7 ชุดข้อมูลฝึกฝน อากาศยานจำนวน 7,200 ภาพใช้เทคนิคการขยายเพิ่มรูปได้ 36,000 ภาพ ผลการทดลองภาพนิ่งและวิดีโอสามารถตรวจจับด้วยความแม่นยำโดยรวม 0.93 ได้หลายประเภท เช่น เครื่องบิน เฮลิคอปเตอร์ อากาศยานเบาพิเศษ พารามอเตอร์ UAV เครื่องบินเล็กบังคับวิทยุและโดรน ยกเว้นแสงไครเดอ และสัตว์ปีกประเภทนก ระยะการมองเห็นของเครื่องเฉลี่ยประมาณ 80-120 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุ พื้นหลังเคลื่อนไหวและความเร็วการเคลื่อนที่ การประยุกต์ใช้งานโมเดลที่ได้รับการฝึกฝนแล้วนี้ไปพัฒนาต่อยอดระบบสมองกลฝังตัวทำงานร่วมกับหน่วยประมวลผลเทรนเซอร์ตรวจจับใกล้เคียงเวลาจริงทันทีที่มากขึ้น

คำสำคัญ: การตรวจจับวัตถุ , การเรียนรู้เชิงลึก, การตรวจจับโดรน

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

² อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

³ อาจารย์ ระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

¹ Assistant Professor Faculty of Engineering and Technology Rajamangala University of Technology Isan Mueang Nakhonratchasima.

² Lecturer Faculty of Engineering and Technology Rajamangala University of Technology Isan Mueang Nakhonratchasima.

³ Lecturer Information System Faculty of Business Administration Rajamangala University of Technology Isan Mueang Nakhonratchasima.

Deep learning computer vision aircraft detection technique apply YOLOv7 algorithms.

Sirichai Lapasanoi¹ Anan Kesungnoen² Kreangkamol Mongkolmuang² Ath Srinate² Phakon Naksri²
Paramet Nuamkolosung³ Yothin Lasakul² Noppanut Chitgreeyan² and Piyarat Ngamsanit³

Abstract

Increasing number of drones today, the dangers of their illegal use. Therefore, a protection system for drones is required. Automation typically uses sound, radar, radio frequency, and image sensors. Camera vision detection challenges computer vision to accurately recognize similar objects such as birds, planes or objects moving in the air. This paper presents an applied deep learning computer vision aircraft detection technique. Using the YOLOv7 algorithm. Aircraft type training data set of 7,200 images using the image augmentation of enlarging 36,000 images. The experimental results from the video footage can detect various types of aircraft with an overall accuracy of 0.93, such as airplanes, helicopters, Ultralight, UAVs, RC planes and drones, excluding parachutes, hang gliders and avian birds. The average visual range of the machine is about 80-120 meters, depending on the size of the object, animated background and movement speed. The application of trained model to further development of embedded systems in conjunction with the processor tensor unit detect near real-time timelier.

Keywords: Object Detection, Deep Learning, Drone Detection

บทนำ

การพัฒนาเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (UAV) เครื่องบินบังคับ หรือโดรน (Drone) อย่างต่อเนื่องการเข้าถึงใช้งานง่ายจึงถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้า การจัดส่งสินค้าและยา การสำรวจ การตรวจสอบสถานที่สาธารณะ การทำแผนที่ การค้นหาและกู้ภัย การปฐมพยาบาล และการเกษตร การใช้งานในวงกว้างรวดเร็วทำให้เกิดอันตรายเนื่องจากการบินอย่างผิดกฎหมาย ถูกนำไปใช้ในการก่ออาชญากรรม การลักลอบขนสินค้า บินใกล้กับรันเวย์ก่อให้เกิดอันตรายต่อเครื่องบินระหว่างบินขึ้นและลงจอด ภัยคุกคามต่อสนามบิน เรือบิน น้ำมันและก๊าซ ความสามารถในการบรรทุกสินค้าโดยไม่ต้องผ่านการรักษาความปลอดภัยภาคพื้นดินทำให้บางประเทศรวมถึงประเทศไทย [1] มีมาตรการควบคุม อย่างไรก็ตามเพื่อประกันความปลอดภัยบริษัทผู้ผลิตบางแห่งได้จัดตั้งเขตห้ามบินภายในรัศมี 25 กิโลเมตรของเขตที่มีความอ่อนไหวไม่กี่แห่ง เช่น สนามบิน เรือบิน โรงไฟฟ้า และสิ่งอำนวยความสะดวกที่สำคัญอื่นๆ ผลกระทบของเขตห้ามบินนั้นมีจำกัดและไม่ใช้โดรนทุกตัวที่มีระบบป้องกัน เพื่อแก้ปัญหาการพัฒนาระบบต่อต้านโดรนแบบเรียลไทม์ [2] จึงมีอย่างจริงจังโดยทั่วไปการตรวจจับโดรนจะแบ่งออกเป็น 4 ประเภทได้แก่ เสียง ภาพ สัญญาณความถี่วิทยุ และเรดาร์ [3] การตรวจจับโดรนด้วยภาพจากกล้องด้วยสายตาในระดับความสูง วัตถุเหล่านั้นใช้พื้นที่หลายพิทเซลในรูปภาพ [4] ซึ่งเกิดจากความคล้ายคลึงกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงขนาดของภาพที่จากสภาพอากาศ และแสงที่แตกต่างกันเป็นผลให้โดรนอาจถูกเข้าใจผิดว่าเป็นนก ในขณะที่โดรนสามารถบินได้ถึงความเร็วสูงสุด 160 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ความท้าทายในการตรวจจับโดรนแยกจากนก [5] ผ่านกระบวนการคอมพิวเตอร์วิชัน (Computer Vision) โดยวิธีการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) มีการวิจัยที่กล่าวถึงแนวทางต่างๆ เช่น Haar cascade classifier [6] SVMs หรือวิธีการของหน้าต่างเลื่อน [7] นอกจากนี้โมเดลการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) [8] แบบโครงข่ายประสาทเทียม (Convolutional Neural Network :CNN) มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นกว่าเดิม แนวทางใหม่ที่ใช้ CNN เชิงลึก เช่น Fast R-CNNs [9] หรือ Faster R-CNNs [10] มีปัญหาเวลาตอบสนองช้าในขณะที่ได้ค่าเฉลี่ยความแม่นยำ (mean Average Precision :mAP) เท่าเดิมหรือต่ำกว่าเมื่อเทียบกับอัลกอริทึมการตรวจจับวัตถุอัลกอริทึม YOLOv7 [11] เป้าหมายคือการตรวจจับโดรนทั้งหมดที่ปรากฏในวิดีโอในขณะที่ไม่ควรถูกเข้าใจผิดว่าเป็นโดรน จากการทดลองในหลากหลายภารกิจ บทความนี้มีเนื้อหาที่เรียบเรียงต่อจากหัวข้อ 1) บทนำ หัวข้อ 2) เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หัวข้อ 3) อธิบายการติดตั้งโปรแกรมที่ใช้งาน หัวข้อ 4) นำเสนอผลลัพธ์ที่ได้รับ ส่วนสุดท้ายบทสรุปและคำแนะนำสำหรับงานในอนาคต

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการสืบค้นผลงานวิจัยสถาบันการศึกษาและอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ โมดูลหลักที่สามารถใช้ในการตรวจจับและจำแนกประเภทของโดรนได้แก่ เรดาร์ ความถี่วิทยุ เสียง และเซนเซอร์กล้องที่รองรับโดยอัลกอริทึมการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ [12]

1. การตรวจจับโดรนด้วยเรดาร์

เรดาร์ถือเป็นเซนเซอร์แบบดั้งเดิมที่ให้การตรวจจับวัตถุบินได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะไกล ออกแบบมาสำหรับการตรวจจับเป้าหมายวิถีกระสุนความเร็วสูง เช่น โดรนทางทหาร เครื่องบิน และขีปนาวุธ จึงไม่เหมาะที่จะตรวจจับ UAV เชิงพาณิชย์ขนาดเล็กที่บินด้วยความเร็วที่ไม่ใช่วิถีโคจรที่ค่อนข้างต่ำ ความสามารถในการจำแนกประเภทนั้นยังไม่เหมาะสม [13] เนื่องจาก UAV และนกมีลักษณะสำคัญที่มักทำให้แยกแยะได้ยาก ความซับซ้อนของการติดตั้งและเซนเซอร์เรดาร์ที่มีราคาสูง

2. การตรวจจับด้วยโดรนแบบเสียง

ระบบตรวจจับเสียงที่มีต้นทุนค่อนข้างต่ำใช้ฮาร์โมนีของเซนเซอร์เสียงหรือไมโครโฟน เพื่อจำแนกรูปแบบเสียงเฉพาะของใบพัดแม่ในสภาพแวดล้อมที่มองเห็นได้น้อย อย่างไรก็ตามระยะการทำงานสูงสุดของระบบเหล่านี้ยังคงอยู่ต่ำกว่า 200–250

เมตร นอกจากนี้ความไวของระบบเหล่านี้ต่อเสียงรบกวนจากสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีเสียงดัง และสภาพลม จะมีผลต่อการตรวจจับอย่างมาก

3. การตรวจจับโดยใช้เทคโนโลยีความถี่วิทยุ

โดรนส่วนใหญ่ใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) เพื่อสื่อสารกับผู้ควบคุมให้ตัวรับและส่งสัญญาณเชื่อมต่อกันจะถูกจับคู่กับชิป RFID เฉพาะที่ทำให้อุปกรณ์อื่นๆ ที่ความถี่เดียวกันไม่สามารถแทรกได้ การตรวจจับโดรน RF ใช้เซนเซอร์คลื่นความถี่วิทยุที่รับฟังและตรวจสอบความถี่ 70 MHz ถึง 6 GHz แบบพาสซีฟสำหรับการส่งถึงสื่อสารระหว่างโดรนและนักบิน (ตัวรับสัญญาณ) เพื่อระบุตำแหน่งของโดรน โดยเซนเซอร์จะไม่ส่งสัญญาณใดๆ เหมือนในระบบที่ใช้เรดาร์ ซึ่งทำให้การตรวจจับที่ใช้ RF ประหยัดพลังงานซึ่งแตกต่างจากเซนเซอร์เสียง เซนเซอร์ RF แก้ปัญหาช่วงการตรวจจับที่จำกัดโดยใช้เสาอากาศรับสัญญาณสูงร่วมกับระบบรับสัญญาณที่มีความไวสูงเพื่อดักฟังสัญญาณคอนโทรลเลอร์ UAV และปัญหาเสียงรบกวนจากสิ่งแวดล้อมจะถูกระงับโดยใช้วิธีลดสัญญาณรบกวน ยังครอบคลุมพื้นที่ตรวจจับขนาดใหญ่ตั้งแต่ 1-16 กิโลเมตร ขึ้นอยู่กับข้อมูลจำเพาะของเซนเซอร์และเป็นเซนเซอร์ที่คุ้มค่าที่สุดสำหรับการตรวจจับโดรน อย่างไรก็ตามไม่ใช่โดรนทุกตัวที่มีการส่งสัญญาณ RF และวิธีการนี้ไม่เหมาะสำหรับการตรวจจับ UAV ที่ทำงานโดยอัตโนมัติโดยไม่มีช่องทางการสื่อสาร

4. การตรวจจับด้วยกล้อง

การตรวจจับโดรนที่ไม่มีการส่งสัญญาณ RF สามารถทำได้โดยใช้เซนเซอร์กล้องราคาประหยัดตามอัลกอริทึมการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ เป็นที่ทราบกันดีว่าความสามารถในการตรวจจับและการจำแนกประเภทจะสูงสุดเมื่อมองเห็นเป้าหมาย และเซนเซอร์กล้องมีข้อได้เปรียบในการตรวจสอบด้วยภาพอย่างเป็นทางการว่าวัตถุที่ตรวจพบนั้นเป็นโดรน ในขณะที่ให้ข้อมูลภาพเพิ่มเติม เช่น โมเดลโดรน ขนาด และ น้ำหนักบรรทุกที่ระบบตรวจจับโดรนอื่นๆ ไม่สามารถให้ได้ ระยะเวลาตรวจจับปานกลาง ราคาข่อมเยา และการตีความของมนุษย์ที่ง่ายดายทำได้โดยใช้เทคโนโลยีการตรวจจับโดรนด้วยภาพที่ใช้ภาพพื้นที่เฝ้าระวังจากกล้อง โหมคนีทำงานได้ไม่ดีในเวลากลางคืนและในสภาพทัศนวิสัยที่จำกัด เช่น ในที่มีหมอก หมอก และ ฝุ่นละออง เพื่อแก้ไขปัญหาบางอย่างของสถานการณ์ดังกล่าว สามารถใช้กล้องจับความร้อนร่วมกันได้แก้ปัญหาการตรวจจับของการเฝ้าระวังในเวลากลางคืนได้ และบางครั้งขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีที่ใช้ กล้องเหล่านี้สามารถทำงานได้ดีขึ้นในสภาพอากาศที่มีฝนตก หิมะ และหมอก อย่างไรก็ตาม กล้องจับความร้อนคุณภาพสูงจะใช้สำหรับการใช้งานทางทหาร และกล้องเชิงพาณิชย์ที่มีต้นทุนต่ำอาจใช้งานไม่ได้ในสภาพอากาศที่มีความชื้นสูงหรือสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวยอื่นๆ

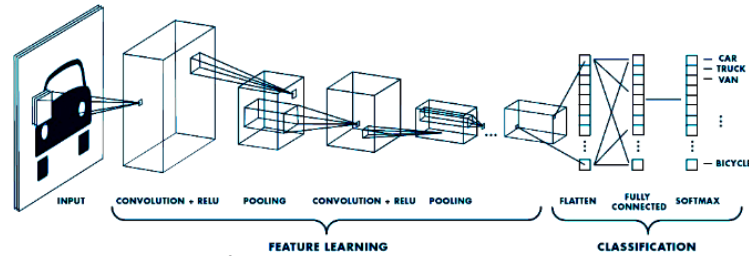
5. ระบบตรวจจับโดรนแบบผสมผสาน

ระบบต่อต้านโดรนที่ได้อาจใช้แบบผสมผสานพัฒนาระบบการตรวจสอบด้วยโดรนที่ประหยัดค่าใช้จ่าย นักวิจัยบางคน [14] สร้างเครือข่ายเซนเซอร์ประเภทต่างๆ เช่น แบบ Bimodal และ Multimodal ขึ้นอยู่กับจำนวนเซนเซอร์ที่ใช้สำหรับงานตรวจจับปรับปรุงความแม่นยำของกล้อง และความช่วยเหลือด้านเสียง เซนเซอร์กล้อง-เรดาร์ หรือเซนเซอร์เรดาร์-เสียง ในขณะที่เดียวกัน ระบบตรวจจับโดรนหลายรูปแบบสามารถทำได้ประสิทธิภาพของระบบสูงสุด อย่างไรก็ตามจุดสนใจของเราคือแนวทางที่ใช้ภาพจากกล้องและอัลกอริทึมการมองเห็นของคอมพิวเตอร์

6. โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน

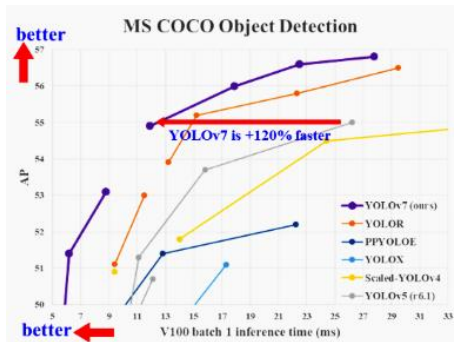
เครือข่ายประสาทเทียม CNN [15] อยู่ในกลุ่มวิธีการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดย CNN จะจำลองการมองเห็นของมนุษย์ที่มองพื้นที่เป็นส่วนที่ย่อย ๆ เหล่านี้มาผสมกันเพื่อตรวจสอบดูว่าสิ่งที่กำลังมองอยู่ในพื้นที่หรือภาพดังกล่าวหรือไม่เป็นส่วนหนึ่งของเครือข่ายประสาทเทียมที่จะถูกปรับไปพร้อม ๆ กับตัวที่ใช้ในการแบ่งแยกประเภท (Classifier) ดังนั้นเมื่อทำการสอน (Train) ทำการเรียนรู้เสร็จสิ้นแล้วจะได้ลักษณะเด่นที่เหมาะสมกับงาน ซึ่งถือว่าเป็นจุดเด่นของเครือข่าย CNN เครือข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันจัดว่าเป็นการเรียนรู้เชิงลึก สามารถจับภาพการแสดงข้อมูลอินพุตในระดับสูง ทำให้เทคนิค

ของ CNN เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางในงานด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์แอปพลิเคชันตัวอย่างการจำแนกรูปภาพ (เช่น AlexNet, เครือข่าย VGG , ResNet , MobileNet) และการตรวจจับวัตถุ (เช่น Fast R-CNN, Mask R-CNN , YOLO , SSD) [16]



รูปที่ 1 แผนผังสถาปัตยกรรม CNN [15]

สถาปัตยกรรมของ CNN รูปที่ 1 ที่มีหลายเลเยอร์ (Layer) มีการคำนวณที่แบ่งออกได้ 3 ขั้นตอนคือ คอนโวลูชัน (Convolution stage) การตรวจจับ (Detector stage) และ การพูลลิ่ง (Pooling stage) การคอนโวลูชันขั้นตอนนี้จะใช้หลักการเดียวกันกับการคำนวณคอนโวลูชันเชิงพื้นที่ (Spatial convolution) ที่ใช้ในงานในด้านการประมวลผลภาพดิจิทัลการแปลงเชิงเส้นของรูปภาพอินพุต ที่สอดคล้องกับในข้อมูลเชิงพื้นที่จากตัวกรอง (Filters) โดยมีค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ของแต่ละ Layer จะเป็นตัวกำหนดรายละเอียดของคอนโวลูชันเคอร์เนล (Convolution kernel) สามารถทำการเทรนได้และขึ้นอยู่กับอินพุต การตรวจจับจะทำหน้าที่รับข้อมูลที่ได้จาก Convolution stage มาแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น โดยใช้ฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation function) เช่น Rectified Linear Units (ReLU) โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการทำคอนโวลูชันในแต่ละตำแหน่งผ่านการแปลงค่าด้วยฟังก์ชัน ReLU ที่เป็นการแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้นเพื่อความง่ายในการคำนวณและประสิทธิภาพของผลลัพธ์ การพูลลิ่ง (Pooling) เป็นการประมวลผลที่ทำให้เกิดการลดขนาดข้อมูลหรือการสุ่มตัวอย่าง (Subsampling) ทำให้ข้อมูลที่ได้อาตรพุดมีขนาดเล็กลงโดยที่รายละเอียดของข้อมูลที่ป้อนเข้ามายังคงครบถ้วน การพูลลิ่งแบบค่าสูงสุด (Max Pooling) เป็นตัวกรองแบบหนึ่งที่ค้นหาค่าสูงสุดในบริเวณที่ตัวกรองหาอยู่แล้วนำมาเป็นผลลัพธ์ โดยจะเตรียมตัวกรองมาทาบบนข้อมูลแล้วเลือกค่าสูงสุดบนตัวกรองนั้นมาเป็นผลลัพธ์ใหม่ จากนั้นทำการเลื่อนตัวกรองไป 16 ตาม Stride ที่กำหนดไว้ การ Pooling ที่นิยมใช้ทั่วไปคือ วิธีการ MAX Pooling กับวิธีการ L2



Model	Test Size	AP _{test}	AP ₅₀ ^{test}	AP ₇₅ ^{test}	batch 1 fps	batch 32 average time
YOLOv7	640	51.4%	69.7%	55.9%	161 fps	2.8 ms
YOLOv7-X	640	53.1%	71.2%	57.8%	114 fps	4.3 ms
YOLOv7-W6	1280	54.9%	72.6%	60.1%	84 fps	7.6 ms
YOLOv7-E6	1280	56.0%	73.5%	61.2%	56 fps	12.3 ms
YOLOv7-D6	1280	56.6%	74.0%	61.8%	44 fps	15.0 ms
YOLOv7-E6E	1280	56.8%	74.4%	62.1%	36 fps	18.7 ms

ก) เปรียบเทียบรุ่นอื่น

ข) ความสามารถตรวจจับวัตถุในรุ่นย่อย

รูปที่ 2 ความสามารถตรวจจับวัตถุ YOLOv7

7. อัลกอริทึม YOLO v7

อัลกอริทึมส่วนใหญ่ใช้เครือข่ายประสาทเทียมดึงคุณสมบัติจากภาพเพื่อทำนายความน่าจะเป็นของคลาสที่เรียนรู้ YOLO ซึ่งเป็นตระกูลยอดนิยมการตรวจจับวัตถุตามเวลาจริง รุ่นดั้งเดิมเปิดตัวครั้งแรกในปี 2559 สร้างขึ้นโดย Joseph Redmon, Ali Farhadi และ Santosh Divvala [16] เมื่อเปิดตัวสถาปัตยกรรมนี้พบว่าเร็วกว่าวิธีตรวจจับวัตถุอื่น ๆ มาก และกลายเป็นสิ่งล้ำสมัยสำหรับแอปพลิเคชันการมองเห็น ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมามีการเสนอรุ่นต่างๆ ซึ่งให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น YOLOv7 ได้รับการประเมินตาม YOLO รุ่นก่อนหน้าเป็นบรรทัดฐาน โมเดลได้รับการฝึกฝนในชุดข้อมูล COCO

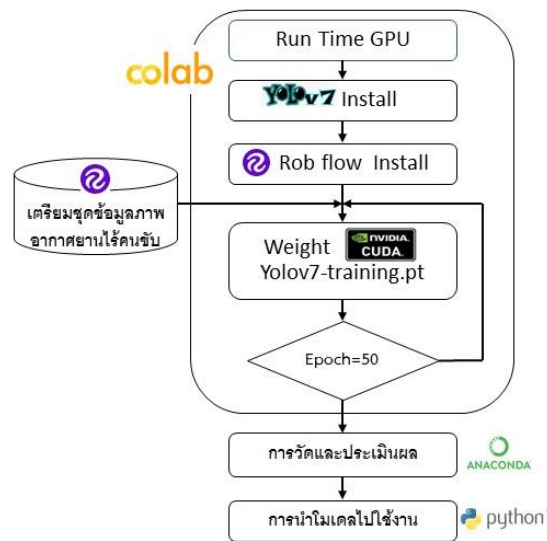
(Common Objects in Context) ด้วยการตั้งค่าเดียวกันเหนือกว่ารุ่นก่อนหน้าทั้งในด้านความเร็วและความแม่นยำตั้งแต่ 5-160 เฟรมต่อวินาที (fps) และมีความแม่นยำสูงสุดที่ 56.8% ดังรูปที่ 2

วิธีการดำเนินงาน

การฝึกฝนชุดข้อมูลแบบกำหนดเองเริ่มต้นจากขั้นตอนรวบรวมข้อมูล ป้ายกำกับ แยกข้อมูล (ฝึกและทดสอบ) สร้างไฟล์กำหนดค่า เริ่มการฝึกฝน วัดประสิทธิภาพโมเดล ติดตั้งโปรแกรมส่วนเสริม และการนำไปใช้งาน

1. เตรียมชุดข้อมูล

ภาพถ่ายอากาศยานบินบนท้องฟ้ารวบรวมจากฐานข้อมูลรูปภาพแบบเปิด (Open Images) รูปภาพที่ผู้สร้าง สรรค์ หรือเจ้าของอนุญาตให้ผู้อื่นใช้ได้ การทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรืออาจจะรวมถึงการใช้เพื่อหารายได้ และยังรวมถึงภาพที่หมดอายุการคุ้มครองตามกฎหมายลิขสิทธิ์ ชุดข้อมูลเว็บเบราว์เซอร์ Roboflow [14] เป็นการพัฒนาวีลียักษ์สำหรับใช้จัดเก็บ เตรียมชุดข้อมูลสร้างแบบจำลองต่าง และเพิ่มจำนวนชุดข้อมูลด้วยเทคนิคการขยายเพิ่มรูปภาพ (Image Augmentation) โดยวิธีการ ย่อ ขยาย หมุน เอียง บิดรูปภาพอากาศยานจาก 7,200 ได้เป็น 36,000 ภาพ แบ่งสัดส่วนชุดข้อมูลว่าเป็น ชุดฝึกฝน (Training Set) จำนวน 552 ชุดตรวจสอบ (Validation Set) จำนวน 1,397 และ Generate เลือกรูปแบบเป็น YOLO v7 PyTorch



รูปที่ 3 แผนผังการเตรียมข้อมูลและการฝึกฝน

2. การฝึกฝนอากาศยานจากรูปภาพ

การเทรน YOLOv7 บนข้อมูลที่กำหนดเองด้วยบริการคลาวด์ Google Colab ดังในรูปที่ 3 สามารถใช้ทรัพยากร GPU ได้ฟรีช่วยลดปัญหาการเข้ากันได้ของไลบรารีต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้น้ำหนัก (Weight) ในการฝึกจากเว็บไซต์ชื่อไฟล์ yolo_v7_training.pt มีฟังก์ชันการใช้งานดังรูปที่ 4 แบ่งข้อมูลเป็นกลุ่มเล็ก (Batch Size) เท่ากับ 16 เพราะการเทรนคอมพิวเตอร์ไม่สามารถนำข้อมูลขนาดใหญ่ทั้งหมดกำหนดให้จำนวนรอบในการฝึก (Epoch) เท่ากับ 50 รอบ เพื่อนำเข้าข้อมูลใน Dataset จนครบทั้งหมดทุกตัวที่มีอยู่ต่อรอบ ผลการเทรนแสดงในตารางที่ 1 จำนวนของการเทรน 30 Epoch ทำให้ค่า Loss ลดลง ในขณะที่ Accuracy เพิ่มขึ้นมีคงที่ ใช้เวลา 3.02 ชั่วโมง

```

# download COCO starting checkpoint
%cd /content/yolov7
!wget https://github.com/WongKinYiu/yolov7/releases/download/v0.1/yolov7_training.pt

# run this cell to begin training
%cd /content/yolov7
!python train.py --batch 16 --epochs 50 --data {dataset.location}/data.yaml --weights 'yolov7_training.pt' --device 0

```

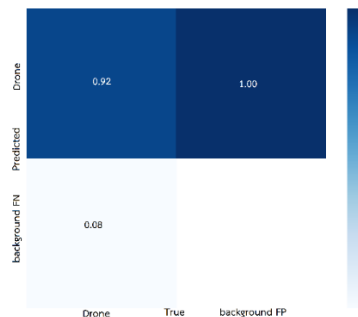
รูปที่ 4 ฟังก์ชันการใช้เทรนด้วย Google Colab

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์การฝึกฝน YOLOv7 ที่ Train : Image และ Labels เท่ากับ 552

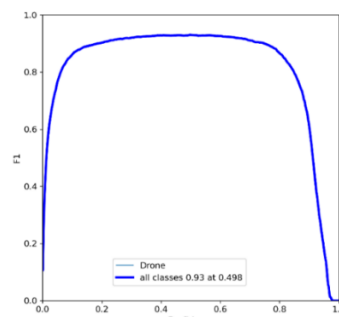
Epoch	Precision	Recall	mAP@0.5	mAP@0.5:0.95
3	0.942	0.879	0.923	0.631
12	0.918	0.876	0.935	0.638
14	0.947	0.913	0.946	0.671
20	0.971	0.918	0.963	0.708
30	0.965	0.898	0.959	0.689
38	0.969	0.882	0.952	0.694

3. วัดประสิทธิภาพโมเดล

การที่จะนำโมเดลหรือแบบจำลองไปใช้งานจริงได้นั้น จำเป็นต้องมีการวัดประสิทธิภาพว่าเพียงพอที่จะนำมาพัฒนาหรือนำไปใช้งานด้านต่างๆ ซึ่งการวัดประสิทธิภาพนั้นส่วนใหญ่จะวัดค่าจากในตารางข้อมูลแบบเมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) ตารางสำคัญในการวัดความสามารถพื้นฐานของการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอนในการแก้ปัญหาการแบ่งประเภทข้อมูลดังรูปที่ 5 ผลลัพธ์ที่ได้จากการฝึกฝนโมเดล



ก) ตาราง Confusion Matrix



ข) F1-Score

รูปที่ 5 ผลลัพธ์การเทรนโมเดลอากาศยาน

ตาราง Confusion Matrix รูปที่ 5 ก) พบว่า True Positive (TP) สิ่งที่โมเดลทำนายว่า “จริง” และมีค่าเป็น “จริง” ได้ถึง 0.92 False Positive (FP) ทำนายว่า “จริง” แต่มีค่าเป็น “ไม่จริง” เฉลี่ย 1.00 False Negative (FN) ทำนายว่า “ไม่จริง” แต่มีค่าเป็น “จริง” น้อยมากประมาณ 0.08 และ True Negative (TN) โมเดลทำนายว่า “ไม่จริง” และมีค่า “ไม่จริง” ไม่มี อีกหนึ่งวิธีที่นำมาใช้คือ F1-Score หรือ F-measure เป็นการวิเคราะห์ทางสถิติของการจำแนกประเภทแบบ ไบนารี แสดงถึงความแม่นยำและการเรียกคืนได้อย่างสมมาตรในเมตริกเดียวผลลัพธ์โมเดลดังรูปที่ 5 ข) คะแนนใช้น้ำหนักเพิ่มเติม ประเมินค่าความแม่นยำหรือเรียกคืนมากกว่าค่าอื่น ค่า F-score ที่เป็นไปได้สูงสุดคือ 1.0 ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำและการเรียกคืนที่สมบูรณ์แบบ และค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้คือ 0 หากความแม่นยำหรือการเรียกคืนเป็นศูนย์

```
(base) C:\ > \anaconda3\yolov7-main>conda activate yolov7
(yolov7) C:\ > \anaconda3\yolov7-main>python detect.py --weights yolov7.pt
--conf 0.4 --img-size 640 --source image3.jpg
Namespace(weights=['yolov7.pt'], source='image3.jpg', img_size=640, conf_thres=0.4, iou_thres=0.45, device='', view_img=False, save_txt=False, save_conf=False, nosave=False, classes=None, agnostic_nms=False, augment=False, update=False, project='runs/detect', name='exp', exist_ok=False, no_trace=False)
YOLOv7 2023-1-2 torch 1.12.1+cu113 CUDA:0 (NVIDIA GeForce MX250, 2047.875MB)
```

รูปที่ 6 การตรวจจับวัตถุที่พัฒนารันด้วยโปรแกรม Anaconda3

4. โปรแกรมส่วนเสริม PC หรือ Laptop

งานที่นำเสนอนี้ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ Laptop ระบบปฏิบัติการ Windows สัญญาอินเตอร์เน็ต Python 3 และ ติดตั้งโปรแกรม Anaconda ด้วยคำสั่ง Conda โปรแกรมจะช่วยจัดการเขียน Python แบบ Packages ซึ่งเป็นชุดคำสั่งที่พัฒนาไว้แล้วผู้ใช้งานไปใช้ได้สะดวก อาทิเช่น Install Update Packages หรือการสร้างสภาพแวดล้อมที่จะแยกแต่ละโปรเจกต์ออกจากกัน (Virtual Environment :venv) ให้ทุกครั้งการสร้างโปรเจกต์ใหม่ และเมื่อส่งต่อจะได้ไม่พวง ไลบรารีที่ไม่ต้องการไปด้วย ติดตั้งเหมือนกันให้สมบูรณ์จาก <https://github.com/WongKinYiu/yolov7.git> ติดตั้งทุกไฟล์ใน Packages ที่ต้องการด้วยคำสั่ง pip install -r requirements.txt สร้างและฝึกสอน คำนำหนักเป็นตัวที่ถ่วงน้ำหนักให้อินพุต (Input) ก่อนที่จะเข้าสู่โนด (Node) เป็นตัวบอกว่าอินพุตตัวนี้สำคัญเพียงใดดังรูปที่ 6

5. วิธีการประมวลผลภาพ

ความสามารถโดยรวมของ Pytorch [17] เตรียมออบเจกต์ชนิดเทรนเซอร์ซึ่งสามารถคำนวณได้แบบอาเรย์แต่เพิ่มความสามารถในการคำนวณอนุพันธ์เข้ามาเตรียมขั้นต่างๆ ประกอบเป็นโครงข่ายไว้พร้อมนำมาต่อๆ กันก็สร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบต่างๆ มีฟังก์ชันสำหรับจัดการข้อมูลเบื้องต้นก่อนนำมาใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้า ฟังก์ชันแปลงและตัดแต่งรูปภาพเพิ่มความหลากหลายให้ข้อมูลรูปภาพ ฟังก์ชันช่วยดึงชุดข้อมูลเลือกประมวลผลภาพ GPU รวมกับ CPU เปลี่ยนชื่อไฟล์ best.pt ที่ได้จากการเทรนบน Colab เป็น yolov7.pt นำมา Run ด้วยpython detect.py --weights yolov7.pt --conf 0.4 --img-size 640 --source {ส่วนที่อยู่ไฟล์รูปภาพ.jpg , ไฟล์วิดีโอ.mp4, สำหรับภาพสดเลือก source 0 หรือ 1 } แสดงรายละเอียดรูปที่ 6



รูปที่ 7 อากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในการทดสอบ

ผลการทดลอง

อากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในการทดสอบ อาทิเช่น Drone Racing ขนาด 250 มิลลิเมตร Mavic 2 Enterprise DJI Phantom 4 Matrices 300 RTK Matrices 600 Pro เครื่องบินเล็กบังคับวิทยุ ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า และเครื่องยนต์เจ็ทกังหัน (Turbine Jet) ดังรูปที่ 7 ประมวลผลภาพจำนวน 316 เลเยอร์ ความเร็วที่ใช้เฉลี่ย 138.8 มิลลิวินาทีต่อเฟรม คำสั่งการ Run python detect.py --weight yolov7.pt มีฟังก์ชัน conf-thres ค่าความแม่นยำน้อยที่สุดที่จะนำมาแสดง เช่น กำหนดให้ --conf 0.6 ถ้าต้องการความแม่นยำมากๆ ตั้งค่าให้สูงขึ้นได้แต่ก็จะแสดงผลที่น้อยลง ฟังก์ชัน iou-thres ใช้สำหรับกำหนดค่าความซ้อนของภาพ -- iou 0.45 เท่านั้นนำมาแสดงผลดังรูปที่ 8 ถึง 11



ก) ผู่นกพิราบกับโดรน

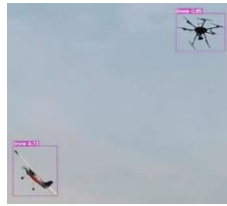


ข) นก กับ Mavic 2



ค) UAV กับ นก

รูปที่ 8 ผลลัพธ์การทำนายนกและโดรน



ก) เครื่องบินเล็ก



ข) โดรนแบบสี่ใบพัด



ค) เฮลิคอปเตอร์และเครื่องบิน

รูปที่ 9 ผลลัพธ์การทำนายอากาศยานไร้คนขับบนท้องฟ้าหลายลำ



ก) ร่มบิน



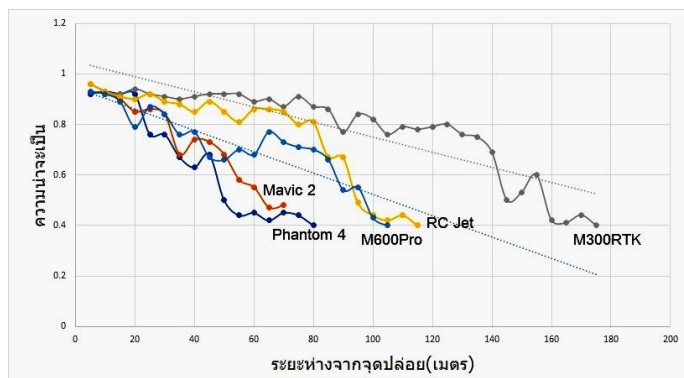
ข) อากาศยานเบาพิเศษ (Ultralight)

รูปที่ 10 ผลลัพธ์ความน่าจะเป็นอากาศยานส่วนบุคคล



รูปที่ 11 ผลลัพธ์การทำนาย UAV เมื่อพื้นหลังเปลี่ยนแปลงไป

ภาพวิดีโอจากสมาร์ทโฟนบันทึกการควบคุมโดรนชนิดต่าง ๆ ใต้อัตราความสูงประมาณ 10 องศาห่างออกไปจากจุดปล่อยเมื่อนำไฟสวิตช์โอมาประมวลผลทำนายความน่าจะเป็นได้แสดงดังรูปที่ 12 พบว่าขนาดของวัตถุมีผลต่อการทำนายให้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงลดลงเทียบกับระยะที่ห่างออกไป การตรวจจับวัตถุที่มีขนาดเล็กพื้นหลังที่ไม่ใช่ท้องฟ้า แสงสว่างไม่เพียงพอโดยเฉพาะในเวลากลางคืนไม่สามารถตรวจจับอากาศยานได้



รูปที่ 12 ผลการทำนายวัตถุเมื่อเป้าหมายบินออกไปจากจุดปล่อย

บทสรุป

การตรวจจับโดรนไม่มีเทคโนโลยีแบบใดแบบหนึ่งสามารถทำได้ทั้งหมด สิ่งนี้จะสำเร็จได้ก็ต่อเมื่อใช้ร่วมกัน และข้อมูลจากเซนเซอร์ที่รวมอยู่ในแพลตฟอร์มซอฟต์แวร์เดียว การพัฒนาอัลกอริทึมที่จดจำรูปภาพโดยรับภาพเป็นข้อมูลเข้าได้มุ่งเน้นตรวจจับวัตถุเฉพาะคลาส เคลื่อนที่หรือติดตามวัตถุที่ได้รับอัตราการตอบสนองตามเวลาใกล้เคียงจริง ผลลัพธ์การทำนายโมเดลมีความแม่นยำสูงความคลาดเคลื่อนต่ำมีปัจจัยหลายประการ อาทิเช่น พื้นหลังภาพ แสงตกกระทบ มุมองศากล้อง ระยะห่างจากวัตถุ สภาพดินฟ้าอากาศ ความเร็วการเคลื่อนที่ของอากาศยานเป็นปัจจัยสำคัญ แนวทางการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อลดความซับซ้อนของข้อมูลการฝึกด้วยโมเดลเฉพาะคลาสมาใช้ในการงานส่งผลให้สูญเสียเวลาในการ ประมวลผลพิจารณาวัตถุที่ไม่เกี่ยวข้อง ยังต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีข้อจำกัดด้านขนาด ความรวดเร็วในการเตรียมระบบหากต้องการให้ทันทั่วถึง การพัฒนาฮาร์ดแวร์ระบบสมองกลฝังตัวให้มีขนาดเล็กเคลื่อนที่สะดวกทำงานร่วมกับหน่วยประมวลผลทรานเซอร์ที่ปลายขอบ (Edge TPU) เช่น Google Coral และ Tinker Edge T เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการคำนวณลดปัญหาดังกล่าวได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย (2559) “การตรวจสอบพื้นที่ห้ามบิน การตรวจสอบพื้นที่ห้ามบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน” <https://www.caat.or.th/th/archives/20455>
- [2] Wu, M.; Xie, W.; Shi, X.; Shao, P.; Shi, Z. (2018) Real-Time Drone Detection Using Deep Learning Approach. In Proceedings of the 2018 of the 3rd international conference, MLICOM, Hangzhou, China, 6–8 July 2018; pp. 22–32.
- [3] Taha, B.; Shoufan, A. (2019) Machine Learning-Based Drone Detection and Classification: State-of-the-Art in Research. IEEE Access 2019, 7, 138669–138682. [Google Scholar]
- [4] Hamatapa, R.; Vongchumyen, C. (2019) Image Processing for Drones Detection. In Proceedings of the 2019 5th the ICEAST, Luang Prabang, Laos, 2–5 July 2019.
- [5] Coluccia, A.; Saqib, M.; Sharma, N.; Blumenstein, M.; Magouljanitis, V.; Ataloglou, D.; Dimou, A.; Zarpalas, D.; Daras, P.; Craye, C.; et al. Drone-vs-Bird Detection Challenge at IEEE AVSS2019. In Proceedings of the 2019 16th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS), Taipei, Taiwan, 18–21 September 2019.
- [6] Li Cuimei , Qi Zhiliang , Jia Nan , Wu Jianhua (2017) “Human face detection algorithm via Haar cascade classifier combined with three additional classifiers” IEEE 13th International Conference on Electronic Measurement & Instruments
- [7] Felzenszwalb, P. F., Girshick, R. B., McAllester, D., & Ramanan, D. (2010). Object detection with discriminatively trained part-based models. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 32(9), 1627-1645.
- [8] Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., & Bengio, Y. (2016). Deep learning (Vol. 1). Cambridge: MIT press.
- [9] Girshick, R. (2015). Fast r-cnn. In Proceedings of the IEEE international conference on computer vision (pp. 1440-1448).

- [10] Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 91-99).
- [11] Chien-Yao Wang, Alexey Bochkovskiy, and Hong-Yuan Mark Liao “YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors” Institute of Information Science, Academia Sinica, Taiwan
- [12] Taha, B.; Shoufan, A. Machine Learning-Based Drone Detection and Classification: State-of-the-Art in Research. *IEEE Access* 2019, 7,
- [13] Samaras, S.; Diamantidou, E.; Ataloglou, D.; Sakellariou, N.; Vafeiadis, A.; Magoulianitis, V.; Lalas, A.; Dimou, A.; Zarpalas, D.; Votis, K.; et al.(2019) Deep Learning on Multi Sensor Data for Counter UAV Applications—A Systematic Review.
- [14] Shin, S.; Park, S.; Kim, Y.; Matson, E.T. (2016) Design and Analysis of Cost-efficient Sensor Deployment for 608 Tracking Small UAS with Agent-based Modeling. *Integration of Sensors in Complex, Intelligent Systems Selected Papers from the CHARMS 2015 Workshop. Sensors* , 16, 575.
- [15] Mathworks (2019) Convolution neural networks, Available at:
<https://www.mathworks.com/solutions/deep->
- [16] Gaudenz Boesch (2022) “YOLOv7: The Most Powerful Object Detection Algorithm (2022 Guide)”
<https://viso.ai/deep-learning/yolov7-guide/>
- [17] <https://pytorch.org/get-started/previous-versions/>



Session
วิทยาศาสตร์
สุขภาพ

ภาวะอาการทางระบบประสาทแยลงอย่างรวดเร็วในระยะก่อนหรือขณะอยู่ในแผนกฉุกเฉินของผู้ป่วยโรค หลอดเลือดสมองเฉียบพลัน: การทบทวนความรู้จำเพาะประเด็น

ปิยวรรณ สุขประดิษฐ์¹, จอม สุวรรณโณ^{2*}

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทบทวนความรู้จำเพาะประเด็น เพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับเครื่องมือ เกณฑ์การวินิจฉัยและจำแนก และอุบัติการณ์ภาวะอาการทางระบบประสาทแยลงอย่างรวดเร็ว ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเฉียบพลัน ในระยะก่อนหรือขณะอยู่ในแผนกฉุกเฉิน ดำเนินการสืบค้นและเลือกบทความวิจัยจาก Google Scholar ใช้คำสืบค้นตามโมเดล PICO กำหนดระยะเวลาเป็นสองช่วง ตั้งแต่ปี 2013-2023 และก่อนปี 2013 ผลการสืบค้น พบงานวิจัยจำนวน 6 เรื่อง มีเนื้อหาสอดคล้องกับคำถามการสืบค้นและมีข้อแนะนำ ดังนี้ (1) Glasgow Coma Scale หรือ GCS เป็นเครื่องมือมาตรฐานสำหรับประเมินสภาวะอาการทางระบบประสาทหรือระดับความรู้สึกตัว (2) เกณฑ์การวินิจฉัยภาวะอาการทางระบบประสาทแยลงอย่างรวดเร็ว พิจารณาจากปริมาณค่าคะแนน GCS ลดลงจากเดิม ≥ 2 คะแนน และ (3) อุบัติการณ์ภาวะอาการทางระบบประสาทแยลงอย่างรวดเร็ว จำแนกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ ระยะก่อนมาถึงแผนกฉุกเฉิน (11.8%-22%) ในแผนกฉุกเฉิน (5.1%) หลังจากมาถึงแผนกฉุกเฉินและย้ายไปหอผู้ป่วย (11.7%-22.6%) และขณะส่งผู้ป่วยไปรักษาต่อ (16.6%) ทีมสุขภาพและนักวิจัย สามารถใช้ผลการศึกษานี้เป็นแนวทางการพัฒนาคุณภาพและผลลัพธ์บริการผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเฉียบพลัน รวมทั้งการวิจัยเกี่ยวกับภาวะอาการทางระบบประสาทแยลงอย่างรวดเร็วในระยะก่อนหรือขณะอยู่ในแผนกฉุกเฉิน

คำสำคัญ: ภาวะฉุกเฉิน ระยะก่อนมาโรงพยาบาล โรคหลอดเลือดสมอง ภาวะอาการทางระบบประสาทแยลง

¹ นักศึกษาหลักสูตรพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

² รองศาสตราจารย์ สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช 80160

¹ Graduate Student, Master of Nursing Science Program in Adult and Gerontological Nursing, Walailak University School of Nursing

² Associate Professor, Walailak University School of Nursing, Nakhon Si Thammarat, 80160

* Corresponding Author: E-mail: sjom@wu.ac.th

Early Neurological Deterioration Prehospital and Emergency Department Arrival among Patients with Acute Stroke: A Scoping Review

Piyawan Sukpradit¹, Jom Suwanno^{2*}

Abstract

We conducted a scoping review to identify clinical inquiries related to clinical tool, clinical criteria, and rates of early neurological deterioration (END) prehospital and emergency department arrival among patients with acute stroke. Following the PICO framework, we utilized Google Scholar, and PubMed to search for relevant research articles and evidence. The selected articles were then used to support our scoping review. We included published articles from two different time periods: 2013-2023 and before 2013. Out of the selected articles, we found six that contained relevant and agreeable content. These articles were utilized as important sources of information to inform our analysis. Presented below are the results and recommendation that we have compiled based on our findings. Firstly, the Glasgow Coma Scale (GCS) is a widely accepted clinical tool for assessing both neurological status and state of conscious. Furthermore, GCS decreased ≥ 2 -point indicating neurological deterioration. Finally, rates of END were classified into four states, including prehospital or ultra-early neurological deterioration (11.8%-22%), early postarrival emergency department (5.1%), hyperacute neurological deterioration (11.7%-22.6%), and interhospital transfer neurological deterioration (16.6%). These results can be used by clinicians to guide clinical practice aimed at improving acute stroke outcomes. Also, these criteria can be used as a reference in research studies related to prehospital and emergency department END.

Keywords: Emergency, Neurological deterioration, Prehospital, Stroke

บทนำ

กลุ่มโรคหลอดเลือดสมองเฉียบพลัน (acute stroke) ทั้งสามชนิดคือ โรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือด (ischemic stroke) โรคหลอดเลือดสมองชนิดเลือดออกในสมอง (intracerebral hemorrhage: ICH) หรือโรคหลอดเลือดสมองแตก (hemorrhage stroke) และภาวะสมองขาดเลือดชั่วคราว (transient ischemic attack: TIA) เป็นหนึ่งในห้าสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตทั้งในระยะเฉียบพลัน และการเสียชีวิตในระยะยาว รวมถึงการสูญเสียปีสุขภาวะของประชากรไทยและประชากรทั่วโลก [1,2] การเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเฉียบพลันเกิดขึ้นได้แบบฉับพลัน (sudden death) ก่อนที่ผู้ป่วยจะมาถึงโรงพยาบาล หรือเสียชีวิตในระยะวิกฤตเฉียบพลัน 0-72 ชั่วโมงแรกหลังจากมาถึงโรงพยาบาล ซึ่งพบการเสียชีวิตทั้งในแผนกฉุกเฉิน (emergency department death) การเสียชีวิตภายในระยะเวลารวดเร็วหลังจากย้ายออกจากห้องฉุกเฉินไปยังหอผู้ป่วย และการเสียชีวิตขณะรักษาอยู่ในหอผู้ป่วยวิกฤตโรคหลอดเลือดสมอง ทั้งก่อนและหลังจากได้รับการรักษาแล้ว

การเสียชีวิตฉับพลันในระยะก่อนมาถึงโรงพยาบาล การเสียชีวิตในแผนกฉุกเฉิน หรือในระยะวิกฤตเฉียบพลัน หลังจากย้ายออกจากแผนกฉุกเฉิน เกิดจากสาเหตุสำคัญเนื่องจากโรคหลอดเลือดสมองมีความรุนแรงมาก หรือโรคหลอดเลือดสมองมีความก้าวหนักรุนแรงขึ้นกว่าเดิม โดยเฉพาะภาวะเลือดออกในสมองขยายปริมาณ ภาวะสมองขาดเลือดขยายบริเวณ ภาวะสมองบวม ภาวะแรงดันในสมองเพิ่มสูงขึ้น หรือจากภาวะความดันโลหิตสูงวิกฤต [3,4] การเฝ้าระวังสังเกตและติดตามการเปลี่ยนแปลงอาการบ่งชี้โรคหลอดเลือดสมองแย่ลงกว่าเดิมหรือมีความรุนแรงมากขึ้น เป็นแนวทางปฏิบัติสำคัญประการหนึ่งในการลดความเสี่ยงการเสียชีวิตระยะวิกฤตเฉียบพลัน ข้อมูลทางคลินิกสำคัญที่ทำนายอุบัติการณ์การเสียชีวิตคือ ภาวะอาการระบบประสาทแย่ลง (neurological deterioration) อนึ่ง จากการทบทวนความรู้ในเบื้องต้น ผู้เขียนพบว่ามีการวิจัยจำนวนมากศึกษาภาวะอาการระบบประสาทแย่ลงในระยะวิกฤตเฉียบพลัน ขณะผู้ป่วยเข้ารับรักษาอยู่ในหอผู้ป่วยแล้ว [5] รวมถึงงานวิจัยในประเทศไทย ซึ่งศึกษาภาวะอาการระบบประสาทแย่ลงในผู้ป่วยที่รับไว้รักษาในหอผู้ป่วยแล้วเช่นกัน [6,7] อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนไม่พบรายงานสังเคราะห์ความรู้ภาวะอาการระบบประสาทแย่ลงในระยะก่อนหรือขณะอยู่ในแผนกฉุกเฉิน นอกจากนี้ การทบทวนแนวทางปฏิบัติการรักษาพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองของประเทศไทย [8] ไม่พบข้อแนะนำเกี่ยวกับแนวทางการประเมิน การวินิจฉัยและการจำแนกภาวะอาการระบบประสาทแย่ลงในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเฉียบพลัน ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ในระยะก่อนมาถึงโรงพยาบาล หรือในแผนกฉุกเฉิน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือหรือแนวทางปฏิบัติ เกณฑ์การวินิจฉัย และจำแนก และอุบัติการณ์ภาวะอาการระบบประสาทแย่ลงอย่างรวดเร็ว ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเฉียบพลัน ในระยะก่อนมาถึงแผนกฉุกเฉิน และขณะรักษาอยู่ในแผนกฉุกเฉิน เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ปฏิบัติ และนักวิจัยใช้ในการพัฒนาคุณภาพและผลลัพธ์การรักษาพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในระยะฉุกเฉินและระยะวิกฤตเฉียบพลัน และการศึกษาวิจัยผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องกับภาวะอาการระบบประสาทแย่ลง

วิธีการวิจัย

การวิจัยสังเคราะห์ความรู้ โดยใช้วิธีการทบทวนความรู้จำเพาะประเด็น (scoping review) [9] เพื่อตอบคำถามการวิจัย ดังนี้ (1) เครื่องมือหรือแนวทางการประเมิน (2) เกณฑ์การวินิจฉัยและจำแนกภาวะอาการระบบประสาทแย่ลงอย่างรวดเร็ว และ (3) อุบัติการณ์ภาวะอาการทางระบบประสาทแย่ลงอย่างรวดเร็วของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเฉียบพลัน ในระยะก่อนหรือขณะรักษาอยู่ในแผนกฉุกเฉิน

ระเบียบวิธีการศึกษา

ผู้วิจัยสืบค้นหลักฐานเชิงประจักษ์เฉพาะที่เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ แหล่งสืบค้นหลักจาก google scholar และ PubMed กำหนดคำสืบค้นหลักตามกรอบแนวคิด PICO [10] ดังนี้ (P) Population/Problem “stroke, acute stroke, intracerebral hemorrhage, hemorrhage stroke หรือ prehospital stroke” โรคหลอดเลือดสมอง โรคหลอดเลือดสมอง

เฉียบพลัน ภาวะเลือดออกในสมอง โรคหลอดเลือดสมองชนิดเลือดออก หรือโรคหลอดเลือดสมองก่อนมาโรงพยาบาล (I) Intervention “prehospital management หรือ emergency care” การจัดการในระยะก่อนมาโรงพยาบาล หรือการรักษาที่แผนกฉุกเฉิน (C) Comparison ไม่กำหนดคำสืบค้นนี้ เนื่องจากมีได้ศึกษาวิธีการรักษาจำเพาะและ (O) Outcome “neurological status, neurological deterioration หรือ progressive stroke” สภาวะอาการทางระบบประสาท ภาวะอาการระบบประสาทแย่งลง หรือโรคหลอดเลือดสมองแย่งลง

นอกจากจะพิจารณาเลือกงานวิจัยจากชื่อเรื่อง และบทคัดย่อตรงกับคำถามการวิจัยและวัตถุประสงค์ของการสังเคราะห์ความรู้ รวมถึงระยะเวลาการพิมพ์เผยแพร่ในช่วง 10 ปี ตั้งแต่ ค.ศ. 2013 ถึง 2023 ตามข้อแนะนำโดยทั่วไปแล้ว ผู้วิจัยยังพิจารณาเลือกงานวิจัยที่มีจำนวนการอ้างอิงสูงสุด 5 อันดับแรก ตามที่ปรากฏในดัชนี google scholar และเลือกงานวิจัยที่เผยแพร่ในวารสารทางการแพทย์เฉพาะทางด้านโรคหลอดเลือดสมอง หรือโรคระบบประสาท ซึ่งเป็นวารสารที่ยอมรับกันในระดับสากลเป็นอันดับแรก (อาทิวารสาร Stroke, Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases) ก่อนที่จะเลือกงานวิจัยที่ดีที่สุดพิมพ์ในวารสารทางการแพทย์ ที่มีใช้วารสารเฉพาะทาง ซึ่งมีค่าดัชนีอ้างอิงสูงมากเป็นที่ยอมรับในระดับสากล (อาทิวารสาร JAMA, NEJM) นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังรวบรวมงานวิจัยที่ศึกษาก่อนปี ค.ศ 2013 ด้วยเช่นกัน โดยติดตามจากรายการเอกสารอ้างอิงของงานวิจัยปัจจุบัน

จากการสืบค้นหลักฐานเชิงประจักษ์ในช่วงระยะเวลา 10 ปี พบว่ามีงานวิจัยเพียง 6 เรื่อง เท่านั้นที่ศึกษาภาวะอาการระบบประสาทแย่งลงอย่างรวดเร็วในขณะที่เดินทางหรือเมื่อมาถึงแผนกฉุกเฉิน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทบทวนงานวิจัยดังกล่าวทุกเรื่อง นำมาสังเคราะห์ความรู้

ผลการวิจัย

1. ผลการสืบค้นหลักฐานเชิงประจักษ์

งานวิจัย 6 เรื่อง (ตารางที่ 1) พิมพ์เผยแพร่ปี 2008-2018 ในวารสารการแพทย์เฉพาะทางด้านโรคหลอดเลือดสมอง หรือเวชศาสตร์ฉุกเฉิน จำแนกตามพื้นที่ศึกษา พบว่ารายงานการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกา 4 เรื่อง [11-14] และไต้หวัน 2 เรื่อง [15,16] จากจำนวนทั้งหมดนี้ มี 3 เรื่อง เป็นโครงการวิจัยขนาดใหญ่ จากหน่วยวิจัยหลายแห่ง [11,13,14] ลักษณะกลุ่มตัวอย่างโดยภาพรวม มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 98-1,690 ราย มีผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือด จำนวนมากกว่าผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองชนิดเลือดออกในสมอง 29-624 ราย อายุเฉลี่ย 57-74 ปี เพศหญิงร้อยละ 40-55

ตารางที่ 1. ผลการสืบค้นหลักฐานเชิงประจักษ์ และลักษณะผู้ป่วยกลุ่มตัวอย่าง

ที่มา ผู้เขียนชื่อแรก, ปี	ประเทศ/ โครงการวิจัย	ชนิดของโรค หลอดเลือดสมอง	จำนวน; อายุเฉลี่ย; % เพศหญิง
Moon 2008	สหรัฐอเมริกา	ICH	98; 59; 47
Fan 2012	ไต้หวัน	ICH	619; 72; 43
Lord 2015	สหรัฐอเมริกา VISTA	ICH	376; 66; 40
Fan 2017	ไต้หวัน	ICH	217; 73; 48
Slavin 2018	สหรัฐอเมริกา GCNKSS	IS (866), ICH (175), SAH (51)	1097; 74; 55
Shkirkova 2018	สหรัฐอเมริกา FAST-MAG	IS (1237), ICH (386), Neurovascular mimic (67)	1690; 69; 43

คำย่อ: FAST-MAG, Field Administration of Stroke Therapy-Magnesium; GCNKSS, the Greater Cincinnati/Northern Kentucky Stroke Study; ICH, intracerebral hemorrhage; IS, ischemic stroke; SAH, subarachnoid hemorrhage; VISTA, the Virtual International Stroke Trials Archive

2. ผลการสังเคราะห์ความรู้

2.1. เครื่องมือประเมินภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วในระยะก่อนหรือขณะอยู่ในแผนกฉุกเฉิน

รายงานวิจัยทั้งหมด (ตารางที่ 2) ใช้ Glasgow Coma Scale (GCS) เป็นเครื่องมือทางคลินิกในการวินิจฉัยภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วในระยะก่อนหรือขณะอยู่ในห้องฉุกเฉิน เครื่องมือ GCS นี้ เป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเมื่อ ปี 1974 และใช้กันอย่างแพร่หลายต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน สำหรับประเมินอาการทางระบบประสาทซึ่งบ่งชี้ระดับความรู้สึกตัวของผู้ป่วย จากข้อบ่งชี้ด้านการลืมตา (eye opening) คะแนน 1-4 ด้านการตอบสนองโดยคำพูด (verbal response) คะแนน 1-5 และด้านการตอบสนองโดยการเคลื่อนไหว (motor response) คะแนน 1-6 ผลรวมคะแนนจากสามด้านตั้งแต่ 3-15 คะแนน แปลผลระดับความรุนแรงของโรคตามค่าคะแนนสามระดับ ดังนี้ รุนแรงระดับเล็กน้อย (คะแนน 13-15) รุนแรงระดับปานกลาง (คะแนน 9-12) และระดับรุนแรงมาก (คะแนน ≤ 8) ตามลำดับ [17]

2.2. การวินิจฉัยและจำแนกภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วในระยะก่อนหรือขณะอยู่ในแผนกฉุกเฉิน

2.2.1 แนวทางการวินิจฉัยว่ามีภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วในระยะก่อนหรือขณะอยู่ในแผนกฉุกเฉิน พิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของคะแนน GCS ลดลงจากเดิม ≥ 2 คะแนน

2.2.2 จำแนกภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็ว ได้ 4 ระยะ (ตารางที่ 2) ดังนี้

(1) ภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งเกิดขึ้นรวดเร็วก่อนมาถึงแผนกฉุกเฉิน (prehospital neurological deterioration: PND หรือ ultra-early neurological deterioration: U-END) พิจารณาจากคะแนนระดับความรู้สึกตัวเมื่อมาถึงแผนกฉุกเฉิน เทียบกับคะแนนก่อนมาถึงแผนกฉุกเฉิน ในขณะที่เดินทางหรืออยู่ในรถฉุกเฉิน

(2) ภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วในแผนกฉุกเฉิน (early postarrival emergency department) พิจารณาจากคะแนนระดับความรู้สึกตัวขณะอยู่ในแผนกฉุกเฉิน เทียบกับก่อนมาถึงแผนกฉุกเฉิน

(3) ภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วหลังจากมาถึงแผนกฉุกเฉินและย้ายไปหอผู้ป่วย (hyperacute neurological deterioration: HND) พิจารณาจากคะแนนระดับความรู้สึกตัวก่อนย้ายออกจากแผนกฉุกเฉิน เทียบกับคะแนนเมื่ออยู่ในหอผู้ป่วย 0-1 ชั่วโมงแรก

(4) ภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วขณะส่งผู้ป่วยไปรักษาต่อ (interhospital transfer neurological deterioration: IHTND) พิจารณาจากคะแนนระดับความรู้สึกตัวครั้งสุดท้ายจากแผนกฉุกเฉินแห่งแรก เทียบกับคะแนนที่ประเมินครั้งแรกเมื่อมาถึงแผนกฉุกเฉินแห่งที่สอง

3. ผลลัพธ์เชิงปริมาณร้อยละภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วในระยะก่อนหรือขณะอยู่ในแผนกฉุกเฉิน

จำแนกตามช่วงระยะเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ (ตารางที่ 2) ดังนี้ ภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วในระยะก่อนมาถึงแผนกฉุกเฉิน (11.8%-22%) ภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วในแผนกฉุกเฉิน (5.1%) ภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วมากหลังจากมาถึงแผนกฉุกเฉินและย้ายไปหอผู้ป่วย (11.7%-22.6%) และภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วขณะส่งผู้ป่วยไปรักษาต่อ ร้อยละ 16.6%

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การทบทวนความรู้แบบจำเพาะประเด็น ผู้วิจัยสืบค้นจากฐานข้อมูลหลักสองแหล่ง พบงานวิจัยเพียง 6 เรื่องเท่านั้นที่ศึกษาภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็ว ในระยะก่อนหรือขณะอยู่ในแผนกฉุกเฉิน ทั้งนี้ งานวิจัย 3 เรื่อง [12-14] รายงานภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งเกิดขึ้นรวดเร็วก่อนมาถึงแผนกฉุกเฉิน งานวิจัย 1 เรื่อง [13] รายงานภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วในแผนกฉุกเฉิน งานวิจัย 2 เรื่อง [11,16] รายงานภาวะอาการทางระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วหลังจากมาถึงแผนกฉุกเฉินและย้ายไปหอผู้ป่วย และงานวิจัย 1 เรื่อง [15] รายงานภาวะอาการทางระบบประสาทแย่ง

อย่างรวดเร็วขณะส่งผู้ป่วยไปรักษาต่อ ทั้งนี้ มีงานวิจัย 1 เรื่องจากทั้งหมด [13] รายงานอุบัติการณ์ภาวะอาการระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็ว ในหลายระยะเวลา ทั้งที่เกิดขึ้นก่อนมาถึงแผนกฉุกเฉิน เกิดขึ้นหลังจากอยู่ในแผนกฉุกเฉินแล้ว และเกิดขึ้นทั้งก่อนมาถึงและหลังจากมาถึงแผนกฉุกเฉินแล้ว (continuous ND in both prehospital and early ED phrases) จากงานวิจัยดังกล่าวนี้ ชี้ให้เห็นว่าภาวะอาการระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วก่อนมาถึงโรงพยาบาลหรือเมื่ออยู่ในห้องฉุกเฉินนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดระยะเวลา นับตั้งแต่เกิดโรคหลอดเลือดสมอง ขณะเดินทางมาแผนกฉุกเฉิน เมื่อมาถึงแผนกฉุกเฉิน ขณะอยู่ในแผนกฉุกเฉิน เมื่อย้ายไปหอผู้ป่วย 0-1 ชั่วโมงแรก หรือส่งไปรักษาต่อระหว่างโรงพยาบาล

การศึกษานี้ ได้คำตอบชัดเจนเกี่ยวกับ แนวทางการวินิจฉัยและจำแนกภาวะอาการระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วในระยะก่อนหรือขณะอยู่ในแผนกฉุกเฉิน รายงานวิจัยทุกเรื่อง ประเมินหน้าที่ของระบบประสาท หรือระดับความรู้สึกตัว ใช้เครื่องมือ GCS และวินิจฉัยภาวะอาการระบบประสาทแย่ง โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของคะแนน GCS ลดลงจากเดิม ≥ 2 คะแนน เมื่อเทียบกับคะแนน GCS ครั้งล่าสุดที่มีการประเมินและบันทึกไว้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัย 2 เรื่อง [13,14] แสดงให้เห็นว่าผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองชนิดเลือดออกในสมอง มีอัตราอุบัติการณ์ภาวะอาการระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็ว เป็นอัตราสูงกว่าผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือด อย่างมีค่าสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการวิจัย

จากงานวิจัยที่นำมาศึกษา มีข้อค้นพบสอดคล้องกันเกี่ยวกับแนวทางหลักในการประเมินและวินิจฉัยจำแนกภาวะอาการระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วในระยะก่อนหรือขณะอยู่ในแผนกฉุกเฉิน และมีข้อเสนอแนะการปฏิบัติ ดังนี้ (1) ประเมินหน้าที่ระบบประสาทหรือระดับความรู้สึกตัว ด้วยเครื่องมือ GCS (2) วินิจฉัยภาวะอาการระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็ว พิจารณาจากปริมาณค่าคะแนน GCS ที่ลดลงจากเดิม ≥ 2 คะแนน และ (3) สามารถจำแนกภาวะอาการระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วในระยะก่อนหรือขณะอยู่ในแผนกฉุกเฉิน ได้ 4 ระยะ ดังนี้ ภาวะอาการระบบประสาทแย่งเกิดขึ้นรวดเร็วก่อนมาถึงแผนกฉุกเฉิน ภาวะอาการระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วในแผนกฉุกเฉิน ภาวะอาการระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วหลังจากมาถึงแผนกฉุกเฉินและย้ายไปหอผู้ป่วย และภาวะอาการระบบประสาทแย่งอย่างรวดเร็วขณะส่งผู้ป่วยไปรักษาต่อ

ตารางที่ 2. แนวทางการวินิจฉัยจำแนก และอัตราอุบัติการณ์ ภาพอาการระบบประสาทเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในระยะก่อนและขณะอยู่ในแผนกฉุกเฉิน

ที่มา	การเปลี่ยนแปลงของคะแนนระดับความรู้สึกตัว	Prehospital ND (PND) หรือ Ultra-early ND (U-END)	Early ED postarrival	Hyperacute ND 0-1h	IHTND
ผู้เขียนชื่อแรก, ปี	ครั้งที่ 1-ครั้งที่ 2				
Moon 2008	ก่อนมาถึงแผนกฉุกเฉิน-แผนกฉุกเฉิน	GCS ลดลง ≥ 2			
Slavin 2018	ในรถฉุกเฉิน-แผนกฉุกเฉิน	GCS ลดลง ≥ 2			
Shkirkova 2018	ก่อนมาถึงแผนกฉุกเฉิน-แผนกฉุกเฉิน	GCS ลดลง ≥ 2			
Slavin 2018	ในรถฉุกเฉิน-แผนกฉุกเฉิน	GCS ลดลง ≥ 2			
Shkirkova 2018	ก่อนมาถึงแผนกฉุกเฉิน-แผนกฉุกเฉิน	GCS ลดลง ≥ 2			
Shkirkova 2018	ก่อนมาถึงแผนกฉุกเฉิน-แผนกฉุกเฉิน	GCS ลดลง ≥ 2	5.1%		
Shkirkova 2018	ก่อนมาถึงแผนกฉุกเฉิน-แผนกฉุกเฉิน	GCS ลดลง ≥ 2	2.8%		
Lord 2015	ก่อนมาถึงแผนกฉุกเฉิน-หอผู้ป่วย	GCS ลดลง ≥ 2		11.7%	
Fan 2012	ในแผนกฉุกเฉิน-หอผู้ป่วย	GCS ลดลง ≥ 2		22.6%	
Fan 2017	ครั้งสุดท้ายจากแผนกฉุกเฉินแห่งแรก-ครั้งแรกเมื่อมาถึงแผนกฉุกเฉินแห่งที่สอง	GCS ลดลง ≥ 2			16.6%

คำย่อ: ED, emergency department; FAST-MAG, Field Administration of Stroke Therapy-Magnesium; GCNKSS, the Greater Cincinnati/Northern Kentucky Stroke Study; GCS, Glasgow Coma Scale; IHTND, interhospital transfer neurological deterioration; ICH, spontaneous intracerebral hemorrhage; IS, ischemic stroke; ND, neurological deterioration; SAH, subarachnoid hemorrhage; VISTA, the Virtual International Stroke Trials Archive

เอกสารอ้างอิง

- [1] Burden of Disease Research Program Thailand. (2019). *Burden of diseases and injuries of Thai population in 2019*. Nonthaburi: International Health Policy Program, Ministry of Public Health, Thailand. (In Thai)
- [2] GBD 2019 Stroke Collaborators. (2021). Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet. Neurology*, 20(10), 795–820.
- [3] Balami, J. S., Chen, R. L., Grunwald, I. Q., & Buchan, A. M. (2011). Neurological complications of acute ischaemic stroke. *The Lancet. Neurology*, 10(4), 357–371.
- [4] Godoy, D. A., & Boccio, A. (2005). Early neurologic deterioration in intracerebral hemorrhage: predictors and associated factors. *Neurology*, 64(5), 931-932.
- [5] Thanvi, B., Treadwell, S., & Robinson, T. (2008). Early neurological deterioration in acute ischaemic stroke: predictors, mechanisms and management. *Postgraduate Medical Journal*, 84(994), 412-417.
- [6] Amornpojnimman, T., Intusoma, U., Sanghan, N., Kaewborisutsakul, A., & Sathirapanya, P. (2022). Predictors of neurological deterioration during admission for patients with cerebellar strokes. *Journal of Health Science and Medical Research*, 40(2), 117-128.
- [7] Pensri, L., & Naksri, S. (2021). Association of stroke severity and early neurological deterioration in patients with acute ischemic stroke. *Thai Journal of Cardio-Thoracic Nursing*, 32(2), 146-160. (In Thai)
- [8] Neurological Institute of Thailand. (2019). *Clinical practice guidelines for ischemic stroke*. Bangkok: Neurological Institute of Thailand. (In Thai)
- [9] Munn, Z., Peters, M. D. J., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., & Aromataris, E. (2018). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Medical Research Methodology*, 18(1), 143.
- [10] Kummatid, A., & Markrat, M. (2016). Using the systematic review to provide a complete summary on a research question in evidence-based practice: A 3-step method. *The Southern College Network Journal of Nursing and Public Health*, 3(3), 246-259. (In Thai).
- [11] Lord, A. S., Gilmore, E., Choi, H. A., Mayer, S. A., & VISTA-ICH Collaboration (2015). Time course and predictors of neurological deterioration after intracerebral hemorrhage. *Stroke*, 46(3), 647–652.
- [12] Moon, J. S., Janjua, N., Ahmed, S., Kirmani, J. F., Harris-Lane, P., Jacob, M., Ezzeddine, M. A., & Qureshi, A. I. (2008). Prehospital neurologic deterioration in patients with intracerebral hemorrhage. *Critical Care Medicine*, 36(1), 172-175.
- [13] Shkirkova, K., Saver, J. L., Starkman, S., Wong, G., Weng, J., Hamilton, S., Liebeskind, D. S., Eckstein, M., Stratton, S., Pratt, F., Conwit, R., Sanossian, N., & FAST-MAG Trial Coordinators and Investigators (2018). Frequency, Predictors, and Outcomes of Prehospital and Early Postarrival Neurological Deterioration in Acute Stroke: Exploratory Analysis of the FAST-MAG Randomized Clinical Trial. *JAMA Neurology*, 75(11), 1364-1374.

- [14] Slavin, S. J., Sucharew, H., Alwell, K., Moomaw, C. J., Woo, D., Adeoye, O., Flaherty, M. L., Ferioli, S., McMullan, J., Mackey, J., De Los Rios La Rosa, F., Martini, S., Kissela, B. M., & Kleindorfer, D. O. (2018). Prehospital neurological deterioration in stroke. *Emergency Medicine Journal*, 35(8), 507–510.
- [15] Fan, J. S., Chen, Y. C., Huang, H. H., Yen, D. H., How, C. K., & Huang, M. S. (2017). Interhospital transfer neurological deterioration in patients with spontaneous intracerebral haemorrhage: incidence and risk factors. *Postgraduate Medical Journal*, 93(1100), 349-353.
- [16] Fan, J. S., Huang, H. H., Chen, Y. C., Yen, D. H., Kao, W. F., Huang, M. S., Huang, C. I., & Lee, C. H. (2012). Emergency department neurologic deterioration in patients with spontaneous intracerebral hemorrhage: incidence, predictors, and prognostic significance. *Academic Emergency Medicine*, 19(2), 133-138.
- [17] Potaya, S. (2018). The Glasgow Coma Scale. *Journal of The Royal Thai Army Nurses*, 19(1), 30-38. (In Thai)

ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือดเฉียบพลันที่ได้รับการรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือด: การทบทวนความรู้จำเพาะประเด็น

อัจฉราพร สีคงแก้ว¹, จอม สุวรรณโณ^{2*}

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทบทวนความรู้จำเพาะประเด็น เพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับเครื่องมือ เกณฑ์การวินิจฉัยและจำแนก และอัตราผลลัพธ์ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเฉียบพลัน ที่ได้รับการรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือด ดำเนินการสืบค้นและเลือกบทความวิจัยจาก Google Scholar ใช้คำสืบค้นตามโมเดล PICO กำหนดระยะเวลาเป็นสองช่วง ตั้งแต่ปี 2013-2023 และปี 1999-2012 ผลการสืบค้นพบงานวิจัยจำนวน 17 เรื่อง มีเนื้อหาสอดคล้องกับคำถามการสืบค้นและมีข้อแนะนำ ดังนี้ (1) National Institute of Health Stroke Scale หรือ NIHSS เป็นเครื่องมือมาตรฐานสำหรับประเมินความรุนแรงของโรคหลอดเลือดสมองและสภาวะอาการระบบประสาท (2) เกณฑ์การวินิจฉัยภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นหลังจากได้รับยาละลายลิ่มเลือด พิจารณาจากปริมาณค่าคะแนน NIHSS ที่ลดลงจากเดิม ร่วมกับความรวดเร็วของอาการที่ดีขึ้น และ (3) ผลลัพธ์เชิงปริมาณมีความแตกต่างกันตามระดับและความรวดเร็วของอาการที่ดีขึ้น อาทิ มีภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นถึงระดับปกติหรือเกือบปกติภายในระยะเวลารวดเร็ว ร้อยละ 28-46 มีภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นมากภายในระยะเวลารวดเร็ว ร้อยละ 27-63 เป็นต้น ทีมสุขภาพและนักวิจัย สามารถใช้แนวทางการวินิจฉัยและจำแนกดังกล่าวนี้ไปใช้ เพื่อพัฒนาคุณภาพและผลลัพธ์บริการผู้ป่วย รวมทั้งการวิจัยเกี่ยวกับภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน

คำสำคัญ: ยาละลายลิ่มเลือด โรคหลอดเลือดสมอง อาการระบบประสาทดีขึ้น

¹ นักศึกษาหลักสูตรพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

² รองศาสตราจารย์ สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช 80160

¹ Graduate Student, Master of Nursing Science Program in Adult and Gerontological Nursing, Walailak University School of Nursing

² Associate Professor, Walailak University School of Nursing, Nakhon Si Thammarat, 80160

* Corresponding Author: E-mail: sjom@wu.ac.th

Neurological Improvement in Acute Ischemic Stroke Patients Receiving Intravenous Thrombolysis: A Scoping Review

Atcharaporn Seekhongkhaew¹, Jom Suwanno^{2*}

Abstract

We conducted a scoping review to identify clinical inquiries related to clinical tool, clinical criteria, and rates of neurological improvement (NI) in stroke patients who received intravenous thrombolysis (IVT). Following the PICO framework, we utilized Google Scholar to search for relevant research articles and evidence. The selected articles were then used to support our scoping review. We included published articles from two different time periods: 2013-2023 and 1999-2012. Out of the selected articles, we found 17 that contained relevant and agreeable conte. These articles were utilized as important sources of information to inform our analysis. Presented below are the results and recommendation that we have complied based on our findings. Firstly, the National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS) is a wildly accepted clinical tool for assessing both the severity of stroke and neurological status. Furthermore, the degree and speed of improvement in NIHSS scores following IVT administration, when compared to the initial NIHSS scores, are significant indicators of NI. Finally, we found that rates of NI outcome varied depending on the criteria used to measure them. For example, 28% to 46% of them showed dramatic early NI, while 27% to 63% showed major early NI. These criteria can be used by clinicians to guide clinical practice aimed at improving stroke outcomes. Also, these criteria can be used as a reference in research studies related to NI in patients with acute ischemic stroke.

Keywords: Intravenous Thrombolysis; Neurological Improvement, Stroke

บทนำ

โรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือด เป็นหนึ่งในสามของกลุ่มโรคหลอดเลือดสมอง ที่มีอัตราการบาดเจ็บสูงสุดในคนไทยและทั่วโลก เมื่อเทียบกับอีกสองชนิด คือโรคหลอดเลือดสมองชนิดเลือดออกหรือหลอดเลือดสมองแตก และภาวะสมองขาดเลือดชั่วคราว [1,2] แนวทางปฏิบัติมาตรฐานการรักษามือถือผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือด ในระยะวิกฤตเฉียบพลัน (hyperacute stroke) คือการให้ยาละลายลิ่มเลือดทางหลอดเลือดดำ (intravenous thrombolysis: IVT) อย่างเร่งด่วน ภายในระยะเวลาไม่เกิน 4.5-9 ชั่วโมงหลังจากมีอาการของโรคหลอดเลือดสมอง [3] การให้ยาละลายลิ่มเลือด เป็นการเปิดหลอดเลือดส่วนที่ตีบหรืออุดตัน เพื่อให้เลือดไหลเวียนไปเลี้ยงสมองได้ตามปกติอีกครั้ง วิธีการรักษาดังกล่าวนี้ เริ่มทดลองใช้ครั้งแรกเมื่อประมาณช่วงปี ค.ศ. 1995 และใช้แพร่หลายทั่วโลกจนถึงปัจจุบัน ยังคงเป็นแนวทางหลักสำหรับการรักษาผู้ป่วยที่ไม่มีข้อบ่งชี้ห้าม มีหลักฐานสนับสนุนทั้งด้านประสิทธิภาพ ผลลัพธ์คลินิก และความปลอดภัย [4,5]

ผลลัพธ์ทางคลินิกที่สำคัญซึ่งบ่งชี้ความสำเร็จหรือความล้มเหลวในการรักษาพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะวิกฤตเฉียบพลัน ที่ได้รับยาละลายลิ่มเลือด คือสถานะอาการระบบประสาท (neurological status) [6] จำแนกเป็นภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น (neurological improvement: NI) ภาวะอาการระบบประสาทคงที่หรือไม่ดีขึ้น (neurological stable or unimproved) และภาวะอาการระบบประสาทแย่ลง (neurological deterioration) หลักฐานความรู้ปัจจุบันแสดงให้เห็นว่าภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น หลังจากได้รับยาละลายลิ่มเลือด มีความสำคัญในการทำนายผลลัพธ์ทางบวก ทั้งในขณะเข้ารับการรักษาอยู่ในโรงพยาบาล จนกระทั่งจำหน่ายออกจากโรงพยาบาล และต่อเนื่องในระยะยาว ไม่ว่าจะเป็นผลลัพธ์ด้านอัตราการรอดชีวิต การฟื้นหายเป็นปกติหรือเกือบปกติไม่ปรากฏภาวะความพิการ ความสามารถในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันด้วยตนเอง [7] ตรงกันข้ามกับภาวะอาการระบบประสาทแย่ลง มีความสำคัญในการทำนายผลลัพธ์ทางลบ [6] อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจในเบื้องต้น ผู้วิจัยพบว่างานวิจัยในต่างประเทศโดยส่วนใหญ่ศึกษาภาวะอาการระบบประสาทแย่ลง เป็นจำนวนมากกว่างานวิจัยศึกษาภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น เช่นเดียวกับกับงานวิจัยที่เผยแพร่ในวารสารไทย [8-10] นอกจากนี้ จากการทบทวนแนวทางปฏิบัติการรักษาพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองของประเทศไทย [11] ไม่พบข้อแนะนำเกี่ยวกับการประเมินภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น และไม่มีข้อแนะนำเกณฑ์การวินิจฉัยจำแนกภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือหรือแนวทางปฏิบัติ เกณฑ์การวินิจฉัยและจำแนก และผลลัพธ์ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือด หลังจากได้รับการรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือด เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ปฏิบัติ และนักวิจัยใช้ในการพัฒนาคุณภาพและผลลัพธ์การรักษาพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง และการศึกษาวิจัยผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องกับภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น

วิธีการวิจัย

การวิจัยสังเคราะห์ความรู้ โดยใช้วิธีการทบทวนความรู้จำเพาะประเด็น (scoping review) [12] เพื่อตอบคำถามการวิจัย ดังนี้ (1) เครื่องมือหรือแนวทางการประเมิน (2) เกณฑ์การวินิจฉัยและจำแนกภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น และ (3) ผลลัพธ์เชิงปริมาณร้อยละของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือด ที่มีภาวะอาการทางระบบประสาทดีขึ้น หลังจากได้รับการรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือดทางหลอดเลือดดำ

ระเบียบวิธีการศึกษา

ผู้วิจัยสืบค้นหลักฐานเชิงประจักษ์เฉพาะที่เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ แหล่งสืบค้นหลักจาก google scholar กำหนดคำสืบค้นหลักตามกรอบแนวคิด PICO [13] ดังนี้ (P) Population/Problem “stroke, acute stroke หรือ ischemic stroke” โรคหลอดเลือดสมอง โรคหลอดเลือดสมองเฉียบพลัน หรือโรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือด (I) Intervention “intravenous thrombolysis” การรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือดทางหลอดเลือดดำ (C) Comparison ไม่กำหนดคำสืบค้นนี้ เนื่องจากเป็นการศึกษาอย่างจำเพาะในผู้ป่วยที่ได้รับยาละลายลิ่มเลือดทางหลอดเลือดดำเท่านั้น และ (O) Outcome “neurological status, neurological improvement หรือ positive outcome” ภาวะอาการทางระบบประสาท ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น หรือผลลัพธ์ทางบวก

นอกจากจะพิจารณาเลือกงานวิจัยจากชื่อเรื่อง และบทคัดย่อตรงกับคำถามการวิจัยและวัตถุประสงค์ของการสังเคราะห์ความรู้ รวมถึงระยะเวลาการพิมพ์เผยแพร่ในช่วง 10 ปี ตั้งแต่ ค.ศ. 2013 ถึง 2023 ตามข้อแนะนำโดยทั่วไปแล้ว ผู้วิจัยยังพิจารณาเลือกงานวิจัยที่มีจำนวนการอ้างอิงสูงสุด 5 อันดับแรก ตามที่ปรากฏในดัชนี google scholar และเลือกงานวิจัยที่เผยแพร่ในวารสารทางการแพทย์เฉพาะทางด้านโรคหลอดเลือดสมอง หรือโรคระบบประสาท ซึ่งเป็นวารสารที่ยอมรับกันในระดับสากลเป็นอันดับแรก (อาทิวารสาร Stroke, Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases) ก่อนที่จะเลือกงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารทางการแพทย์ ที่มีวารสารเฉพาะทาง ซึ่งมีค่าดัชนีอ้างอิงสูงมากเป็นที่ยอมรับในระดับสากล (อาทิวารสาร JAMA, NEJM) นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังรวบรวมงานวิจัยในระยะแรกของการรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือด ตั้งแต่ ค.ศ 1999 ถึง 2012

ผลการวิจัย

1. ผลการสืบค้นหลักฐานเชิงประจักษ์

จากงานวิจัย 17 เรื่อง (ตารางที่ 1) พบว่า โดยส่วนใหญ่พิมพ์เผยแพร่ในปี 2013-2020 (12 เรื่อง) เป็นวารสารการแพทย์เฉพาะทาง (12 เรื่อง) ศึกษาในประเทศเอเชีย (8 เรื่อง) มีรายงานวิจัยเชิงทดลองทางคลินิกในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่หลายหน่วยวิจัย หรือในหลายประเทศร่วมกัน จำนวน 4 เรื่อง [14-17] ลักษณะกลุ่มตัวอย่างโดยภาพรวม มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 29-624 ราย อายุเฉลี่ย 58-79 ปี เพศหญิงร้อยละ 27-65 ผู้ป่วยทั้งหมดได้รับยาละลายลิ่มเลือดชนิด recombinant tissue plasminogen activator (rt-PA) ภายในระยะเวลา 3-6 ชั่วโมง ส่วนใหญ่ 4.5 ชั่วโมง ขนาดยามาตรฐาน 0.9 มก./น้ำหนักตัว 1 กก. ทั้งนี้มีงานวิจัย 1 เรื่อง ให้ยา rt-PA ขนาดต่ำ 0.6 มก./น้ำหนักตัว 1 กก. [18]

ตารางที่ 1. ผลการสืบค้นหลักฐานเชิงประจักษ์ ลักษณะกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วย และการรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือด

ที่มา ผู้เขียนชื่อแรก, ปี	ประเทศ/ โครงการวิจัย	จำนวน; อายุเฉลี่ย; % เพศหญิง	NIHSS แกร็บ Median (Range or %)	rt-PA Administration	
				Time (hour/minute)	Dose (mg/kg)
สหรัฐอเมริกาและอเมริกาเหนือ					
Clark 1999 ^{IVT}	อเมริกาเหนือ ATLANTIS B	272; 66; 45	11	3-5h	0.9
Clark 1999 ^{No IVT}	อเมริกาเหนือ ATLANTIS B	275; 65; 27	11	No IVT	No IVT
Brown 2004	สหรัฐอเมริกา NINDS	312; NA; NA	NA	NA	NA
Hemmen 2011 ^{All}	สหรัฐอเมริกา NINDS	624; 58; 65	14-16	0-90 min (56%)	NA
Hemmen 2011 ^{MT}	สหรัฐอเมริกา NINDS	312; NA; NA	15	NA	NA
Hemmen 2011 ^{Nb MT}	สหรัฐอเมริกา NINDS	312; NA; NA	15	No IVT	NA
ยุโรป					
Apoil 2013	ฝรั่งเศส	186; 67; 47	16 (11-20)	4.5h	0.9
Bodenant 2013	ฝรั่งเศส	365; 69; 49	12 (7-17)	3.5-4h	0.9
Muchada 2014	สเปน	508; 73; 49	16 (10-19)	4.5-6h	NA
Guettier, 2016	ฝรั่งเศส	175; 68.6; 42	12 (8-18)	4.5h	NA
Kotlega 2019	โปแลนด์	245; 69; 49	13	4.5h	367 mg
Sykora 2020 ^{IVT}	ยุโรป ESC	117; 73; 45	10 (4-32)	<4.5h	0.9
Sykora 2020 ^{No IVT}	ยุโรป ESC	112; 67; 47	10 (4-36)	No IVT	No IVT
เอเชีย					
Nam 2009	สาธารณรัฐเกาหลี	127; 66; 55	17	3-6h	0.9
Boddu 2012	อินเดีย	72; 53; 24	11	4.5h	0.9
Yeo 2013	สิงคโปร์	263; 64; 36	17 (3-35)	4.5h	0.9
Takagi 2014	ญี่ปุ่น	81; 75; 42	14	3.0h	0.6
Ichijo 2015	ญี่ปุ่น	48; 79; 46	16 (11-23)	NA	NA
Yaghi 2016	ญี่ปุ่น	306; 67; 47	12 (3-30)	154 min	NA
Seok 2017	ฮ่องกง	155; 70; 40	9 (6-14)	<4.5h	NA
Sukhavulli 2019	ไทย	29; 60; 38	7-15 (58%)	4.5h	NA

คำย่อ: ATLANTIS B, Alteplase Thrombolysis for Acute Noninterventional Therapy in Ischemic Stroke part B; ESC, European Stroke Center; IVT, intravenous thrombolysis; NA, not applicable or no report; NIHSS, National Institute of Health Stroke Scale; NINDS, national Institute of Neurological Disorders and Stroke; rt-PA, recombinant tissue plasminogen activator

2. ผลการสังเคราะห์ความรู้

2.1. เครื่องมือประเมินภาวะอาการทางระบบประสาท

รายงานวิจัยทั้งหมด (ตารางที่ 2) ประเมินภาวะอาการทางระบบประสาทโดยใช้ National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) เป็นเครื่องมือทางคลินิกและแนวทางปฏิบัติสากล สำหรับการวินิจฉัยจำแนกระดับความรุนแรงของโรคหลอดเลือดสมอง การพิจารณาให้การรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือด การติดตามความรุนแรงของโรค และจำแนกภาวะอาการระบบประสาทที่ขึ้น คงทีหรือแย่งลง ผู้ป่วยจะได้รับการตรวจหน้าที่การทำงานของระบบประสาทสมอง ทั้งหน้าที่ของประสาทควบคุมการเคลื่อนไหว (motor function) และประสาทรับสัมผัส (sensation function) ได้แก่ ระดับความรู้สึกร่วม (3 ข้อ) ประสาทควบคุมการเคลื่อนไหวลูกตาและลานสายตา (2 ข้อ) ประสาทควบคุมการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อใบหน้า (1 ข้อ) ประสาทควบคุมการเคลื่อนไหวแขนและขา ข้างซ้ายและข้างขวา (4 ข้อ) ระบบประสาทหน้าที่ประสานงานของแขนขา (1 ข้อ) การรับความรู้สึก (1 ข้อ) ความสามารถในการสื่อสารภาษา (1 ข้อ) ความสามารถในการออกเสียง (1 ข้อ) และการขาดความสนใจร่างกายซีกใดซีกหนึ่ง (1 ข้อ) รวมทั้งสิ้น 15 ข้อ แต่ละข้อมีคะแนนต่ำสุด 0 และคะแนนสูงสุด 2-4 โดยค่าคะแนน 0 แสดงว่าไม่พบความผิดปกติ และค่าคะแนนยิ่งสูง แสดงว่ามีภาวะผิดปกติระดับรุนแรง

คะแนนรวม NIHSS อยู่ในช่วง 0-42 คะแนน แปลผลระดับความรุนแรงของโรคหลอดเลือดสมอง 4 ระดับ ดังนี้ โรคหลอดเลือดสมองระดับรุนแรงมาก (very severe stroke) ≥ 25 คะแนน ระดับรุนแรง (severe stroke) 16-24 คะแนน ระดับปานกลาง (mild to moderately stroke) 5-14 คะแนน และระดับไม่รุนแรง (minor stroke) ≤ 4 คะแนน

2.2. การวินิจฉัยและจำแนกภาวะอาการระบบประสาทที่ขึ้น

2.2.1. แนวทางการวินิจฉัยว่ามีภาวะอาการระบบประสาทที่ขึ้น พิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของคะแนน NIHSS หลังจากได้รับยา (post IVT) เทียบกับแรกรับหรือก่อนให้ยา (pre IVT) หรือ NIHSS pre-post IVT คะแนน NIHSS ลดลงจากเดิม แสดงว่าภาวะอาการระบบประสาทที่ขึ้น โดยจำแนกเป็นระดับมาก-น้อยตามปริมาณค่าคะแนน NIHSS ที่ลดลงจากเดิม นอกจากนี้ ยังพิจารณาจำแนกว่าอาการระบบประสาทที่ขึ้นภายในระยะเวลาที่รวดเร็วมาก-น้อยเพียงใด ตามกำหนดระยะเวลาการประเมินผลลัพธ์นับเป็นชั่วโมง หลังจากเริ่มให้ยาละลายลิ่มเลือด ดังนั้น การวินิจฉัยภาวะอาการระบบประสาทที่ขึ้น นอกจากจะจำแนกออกเป็นหลายระดับแล้ว ยังสามารถจำแนกตามระยะเวลาที่บ่งชี้ถึงความรวดเร็วของผลลัพธ์การรักษา ดังกล่าวนี้ด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2

2.2.2. การเปลี่ยนแปลงของคะแนน NIHSS pre-post IVT และระดับภาวะอาการระบบประสาทที่ขึ้น มีแนวทางการวินิจฉัยจำแนก (ตารางที่ 2) ดังนี้

(1) การเปลี่ยนแปลงของคะแนน NIHSS pre-post IVT พิจารณาจากปริมาณค่าคะแนนที่ลดลงจากเดิม จำแนกออกเป็นสี่ระดับ ดังนี้ ภาวะอาการระบบประสาทที่ขึ้นถึงระดับปกติหรือเกือบปกติ (dramatic neurological improvement: DNI ≥ 10) ค่าคะแนน NIHSS ลดลงจากเดิม ≥ 10 คะแนน ภาวะอาการระบบประสาทที่ขึ้นมาก (major neurological improvement: MaNI ≥ 8) ค่าคะแนนลดลงจากเดิม ≥ 8 คะแนน ภาวะอาการระบบประสาทที่ขึ้นค่อนข้างมาก (moderate neurological improvement: MoNI ≥ 4) ค่าคะแนนลดลงจากเดิม ≥ 4 คะแนน และภาวะอาการระบบประสาทที่ขึ้นเล็กน้อย (minor neurological improvement: MiNI ≥ 2) ค่าคะแนนลดลงจากเดิม ≥ 2 คะแนนตามลำดับ

(2) ค่าคะแนน NIHSS post IVT ณ เวลาที่ประเมินผลลัพธ์มีค่าเท่ากับ 0-3 แสดงถึงภาวะอาการระบบประสาทที่ขึ้น จำแนกออกเป็นสองระดับ ดังนี้ ภาวะอาการระบบประสาทที่ขึ้นถึงระดับปกติหรือเกือบปกติ ค่าคะแนนเท่ากับ 0 หรือ 1 (DNI 0-1) และภาวะอาการระบบประสาทที่ขึ้นมาก ค่าคะแนนเท่ากับ 2 หรือ 3 (MaNI 2-3) โดยใช้เกณฑ์ดังกล่าวนี้ ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงของค่าคะแนน NIHSS ในข้อ (1) หรือข้อ (3)

(3) การเปลี่ยนแปลงของคะแนน NIHSS pre-post IVT พิจารณาจากปริมาณคะแนนที่ลดลงจากเดิมเป็นหน่วยเปอร์เซ็นต์ จำแนกออกเป็นสองระดับ ดังนี้ ภาวะอาการระบบประสาทที่ขึ้นมาก ค่าคะแนนลดลงจากเดิม $\geq 40\%$ (MaNI $\geq 40\%$) และภาวะอาการระบบประสาทที่ขึ้นตั้งแต่เล็กน้อยถึงมาก ค่าคะแนนลดลงจากเดิม $\geq 20\%$ แต่ไม่ถึง 40% (MiNI $\geq 20\%$)

2.2.3. ความรวดเร็วของภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น จำแนกเป็นสามกลุ่ม ตามช่วงเวลาการประเมินผลลัพธ์ ดังนี้ ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นอย่างรวดเร็วทันที (very early neurological improvement: VENI) ประเมินในระยะเวลา 30-120 นาทีแรกหลังจากได้รับยาหรือเมื่อได้รับยาหมดทันที (VENI 30-120h post IVT) ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นอย่างรวดเร็ว (every neurological improvement: ENI) ประเมินเมื่อครบ 24 ชั่วโมงนับจากเริ่มให้ยา (ENI 24h post IVT) และภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นเมื่อพ้นระยะเฉียบพลัน (late neurological improvement: LNI) ประเมินหลังจาก 24 ชั่วโมงไปแล้ว อาทิ ในระยะ 48 ชั่วโมงหลังจากได้รับยา หรือก่อนจำหน่ายออกจากโรงพยาบาล

2.3. ผลลัพธ์เชิงปริมาณร้อยละของผู้ป่วยที่มีภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น

จำแนกออกเป็น 12 กลุ่ม (ตารางที่ 2) ซึ่งพิจารณาจากเกณฑ์จำแนกระดับภาวะอาการทางระบบประสาทดีขึ้น 2 เกณฑ์ คือปริมาณค่าคะแนน NIHSS ที่ลดลงจากเดิม ร่วมกับค่าคะแนน NIHSS 0-3 (DNI, MaNI, MoNI และ MiNI) และปริมาณค่าคะแนน NIHSS ที่ลดลงจากเดิมเป็นหน่วยเปอร์เซ็นต์ ร่วมกับค่าคะแนน NIHSS 0-3 (MaNI และ MiNI) ร่วมกับความเร็วของภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น (VENI, ENI และ LNI) ดังนั้น จึงสามารถแจกแจงผลลัพธ์ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นได้เป็นหลายกลุ่ม ตามระดับและระยะเวลา อาทิ ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นถึงระดับปกติหรือเกือบปกติอย่างรวดเร็วทันที ภายในระยะเวลา 30-120 นาที (very early dramatic neurological improvement: VEDNI) ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นถึงระดับปกติหรือเกือบปกติอย่างรวดเร็ว ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (early dramatic neurological improvement: EDNI) ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นถึงระดับปกติหรือเกือบปกติเมื่อพ้นระยะเฉียบพลัน หลังจาก 24 ชั่วโมงไปแล้ว (late dramatic neurological improvement: LDNI) เป็นต้น จะเห็นได้ว่า ผลลัพธ์เชิงปริมาณมีความแตกต่างกันตามเกณฑ์ที่ใช้ อาทิ มีภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นถึงระดับปกติหรือเกือบปกติภายในระยะเวลารวดเร็ว ร้อยละ 28-46 มีภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นมากภายในระยะเวลารวดเร็ว ร้อยละ 27-63 เป็นต้น

ตารางที่ 2. เครื่องมือ เกณฑ์การวินิจฉัยและจำแนก และผลลัพธ์ปริมาณร้อยละของผู้ป่วยที่มีภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น

ที่มา ผู้เขียนชื่อแรก, ปี	จำแนกตามระดับ		จำแนกตามความเร็ว		
	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนน NIHSS		ระยะเวลาประเมินผลทันทีนับจากเริ่มให้ยา		
	ระดับ	คะแนน NIHSS ลดลง จากเดิม	15-120 นาที	24 ชั่วโมง	≥ 48 ชั่วโมง
			VENI (%)	ENI (%)	LNI (%)
ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นถึงระดับปกติหรือเกือบปกติ					
Yeo 2013	DNI	NIHSS ≥10 หรือคะแนน 0-4	22 (2h)	—	—
Guettier 2016	DNI	NIHSS ≥10 หรือคะแนน 0-3	37	—	—
Ichijo 2015	DNI	NIHSS ≥10 หรือคะแนน 0-2	46 (2-24h)	—	—
Apoil 2013	DNI	NIHSS ≥10 หรือคะแนน 0-1	—	28	—
Ichijo 2015	DNI	NIHSS ≥10 หรือคะแนน 0-2	—	46	—
Guettier 2016	DNI	NIHSS ≥10 หรือ ≥40% หรือ คะแนน 0-3	—	42	—
Clark 1999	DNI	NIHSS 0-1 (90D)	—	—	34 IVT
Clark 1999	DNI	NIHSS 0-1 (90D)	—	—	32 No IVT
ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นมาก					
Brown 2003	MaNI	NIHSS ≥8 หรือคะแนน 0-1	—	32	—
Nam 2009	MaNI	NIHSS ≥8 หรือคะแนน 0-1	—	27	—
Boddu 2012	MaNI	NIHSS ≥8 หรือคะแนน 0-1	—	32	—
Yeo 2013	MaNI	NIHSS ≥8 หรือคะแนน 0-4	—	33	—
Yaghi 2016	MaNI	NIHSS ≥8 หรือคะแนน 0-1	—	38	—
Seok 2017	MaNI	NIHSS ≥8 หรือคะแนน 0-1	—	28	—
Apoil 2013	MaNI	NIHSS ≥40%	23	—	—
Guettier, 2016	MaNI	NIHSS ≥40%	37	—	—
Guettier 2016	MaNI	NIHSS ≥40%	—	63	—

ที่มา ผู้เขียนชื่อแรก, ปี	จำแนกตามระดับ		จำแนกตามความรวดเร็ว		
	การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนน NIHSS		ระยะเวลาประเมินผลลัพธ์นับจากเริ่มให้ยา		
	ระดับ	คะแนน NIHSS ลดลง จากเดิม	15-120 นาที VENI (%)	24 ชั่วโมง ENI (%)	≥ 48 ชั่วโมง LNI (%)
ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นค่อนข้างมาก					
Hemmen 2011	MoNI	NIHSS ≥4 หรือคะแนน 0	29 All	—	—
Hemmen 2011	MoNI	NIHSS ≥4 หรือคะแนน 0	36 IVT	—	—
Hemmen 2011	MoNI	NIHSS ≥4 หรือคะแนน 0	23 No IVT	—	—
Apoil 2013	MoNI	NIHSS <8 หรือคะแนน >1	87	—	—
Apoil 2013	MoNI	NIHSS <5 หรือคะแนน >1	77	—	—
Bodenant 2013	MoNI	NIHSS ≥5 หรือคะแนน 0	19	—	—
Takagi 2014	MoNI	NIHSS ≥5	20	—	—
Seok 2017	MoNI	NIHSS ≥5 หรือคะแนน 0	22	—	—
Muchada 2014	MoNI	NIHSS ≥4	—	51	—
Song 2015	MoNI	NIHSS ≥4 หรือคะแนน 0	—	7	—
Sukhavulli 2019	MoNi	NIHSS ≥4 หรือคะแนน 0-3	—	90	93
Sykora 2020	MoNI	NIHSS ≥4	—	57 IVT	—
Sykora 2020	MoNI	NIHSS ≥4	—	22 No IVT	—
Kurmann 2022	MoNI	NIHSS 4-7	—	17	—
ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นเล็กน้อย					
Apoil 2013	MiNI	NIHSS <4 หรือคะแนน >1	70	—	—
Takagi 2014	MiNI	NIHSS ≥3 (15-30Min)	23	—	—
Song 2015	MiNI	NIHSS ≥2 หรือคะแนน 0	—	23	—
Kotlega 2019	MiNI	NIHSS ≥2	—	43	—
Apoil 2013	MiNI	NIHSS < 40%	77	—	—
Apoil 2013	MiNI	NIHSS < 20%	64	—	—
Nam 2009	MiNI	NIHSS ≥20%	—	22	—

คำย่อ: ENI, early neurological improvement; DNI, dramatic neurological improvement; LNI, late neurological improvement; MaMI, major neurological improvement; MiNI, minor neurological improvement; MoNI, moderate neurological improvement; NIHSS, National Institute of Health Stroke Scale; VENI, very early neurological improvement

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การทบทวนความรู้อยู่แบบจำเพาะประเด็น จากงานวิจัยรวมทั้งสิ้น 17 เรื่อง มีงานวิจัย 1 เรื่อง ประเมินภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นเมื่อพ้นระยะเฉียบพลันจนถึง 90 วันแรก [15] และอีก 1 เรื่อง ประเมินภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นทั้งในระยะเวลา 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง [10] งานวิจัย 7 เรื่อง ประเมินภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นอย่างรวดเร็วทันทีภายในระยะเวลาตั้งแต่ 15 นาที [18] จนถึง 2 ชั่วโมงแรกนับจากเริ่มให้ยา [7,16,18-22] งานวิจัยเกือบทั้งหมด ประเมินอาการระบบประสาทดีขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อครบ 24 ชั่วโมงแรก นับจากเริ่มให้ยา [7,10,14,20-29] จากงานวิจัยดังกล่าวนี้ ชี้ให้เห็นว่าภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น เป็นผลลัพธ์ทางคลินิกในระยะเฉียบพลันและเร่งด่วน (hyperacute stroke) แสดงถึงประสิทธิภาพของการรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือดทางหลอดเลือดดำ ต่อผลลัพธ์ทางบวกในระยะสั้นที่เกิดขึ้นทันทีในระหว่างการให้ยาหรือเมื่อให้ยาหมดแล้ว 24 ชั่วโมงแรก

การศึกษานี้ ได้คำตอบเกี่ยวกับแนวทางการวินิจฉัยภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น รายงานวิจัยทุกเรื่องประเมินภาวะการทำหน้าที่ของระบบประสาทด้วยเครื่องมือ NIHSS เพื่อจำแนกระดับความรุนแรงของโรคหลอดเลือดสมอง และวินิจฉัยภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของคะแนน NIHSS หลังจากให้ยาเทียบกับก่อนให้ยา การวินิจฉัยว่าผู้ป่วยมีภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นหรือไม่นั้น พิจารณาจาก 3 แนวทาง ดังนี้ ค่าคะแนนที่ลดลงจากเดิม หรือค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของคะแนนที่ลดลงจากเดิม หรือค่าคะแนนจริง ณ เวลาที่ประเมิน ทั้งนี้ งานวิจัยทุกเรื่อง ใช้

ค่าคะแนน NIHSS ที่ลดลงจากเดิม ร่วมกับค่าคะแนนจริงที่ประเมินได้ในเวลานั้น เป็นเกณฑ์หลักในการวินิจฉัยภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น

การทบทวนความรู้ยังให้แนวทางการวินิจฉัยจำแนกว่าผู้ป่วยมีภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นมากน้อยเพียงใด โดยพิจารณาจากปริมาณค่าคะแนน NIHSS ที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม (delta scores change) ยิ่งค่าคะแนนลดลงจากก่อนให้ยา มากเท่าใด หรือมีค่าคะแนนขณะประเมินเป็น 0-2 แสดงถึงภาวะอาการระบบประสาทที่ดีขึ้นมากหรือดีขึ้นจนเป็นปกติหรือเกือบปกติ จากงานวิจัยทั้งหมด สามารถจำแนกระดับภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นสี่ระดับ เกณฑ์หลักที่ใช้คือ ปริมาณค่าคะแนน NIHSS ที่ลดลงจากเดิม ดังนี้ จุดตัดคะแนน NIHSS ลดลง ≥ 10 คะแนน มีภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นถึงระดับปกติหรือเกือบปกติ จำนวน 5 เรื่อง [7,15,20-22] จุดตัดคะแนน NIHSS ลดลง ≥ 8 คะแนน มีภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นมาก จำนวน 6 เรื่อง [14,22,23,26,27,29] จุดตัดคะแนน NIHSS ลดลง ≥ 4 คะแนน มีภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นค่อนข้างมาก จำนวน 9 เรื่อง [7,10,16-19,25,27,28] และจุดตัดคะแนน NIHSS ลดลง ≥ 2 คะแนน มีภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นเล็กน้อย จำนวน 4 เรื่อง [7,18,24,28]

สรุปผลการวิจัย

จากงานวิจัยที่นำมาศึกษา มีข้อค้นพบสอดคล้องกันเกี่ยวกับแนวทางหลักในการประเมินและวินิจฉัยจำแนกภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น และมีข้อเสนอแนะการปฏิบัติ ดังนี้ (1) ประเมินภาวะการทำหน้าที่ของระบบประสาทและจำแนกระดับความรุนแรงของโรคหลอดเลือดสมองด้วยเครื่องมือ NIHSS (2) วินิจฉัยภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้น พิจารณาจากปริมาณค่าคะแนน NIHSS ที่ลดลงจากเดิม โดยเทียบค่าคะแนนหลังจากให้ยาละลายลิ่มเลือดกับเมื่อแรกรับหรือก่อนให้ยา (3) วินิจฉัยว่าภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นรวดเร็วเพียงใด พิจารณาจากช่วงเวลาการประเมิน NIHSS หลังจากให้ยา จำแนกออกเป็น ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นอย่างรวดเร็วทันที และภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นอย่างรวดเร็ว (4) วินิจฉัยว่าภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นมากน้อยเพียงใด พิจารณาจากปริมาณค่าคะแนน NIHSS ที่ลดลงหลังจากให้ยา จำแนกเป็นสี่ระดับ ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นถึงระดับปกติหรือเกือบปกติ ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นมาก ภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นค่อนข้างมาก และภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นเล็กน้อย และ (5) วินิจฉัยว่าผู้ป่วยมีภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นภายในเวลารวดเร็วเพียงใด ร่วมกันกับการวินิจฉัยว่าผู้ป่วยมีภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นมากน้อยเพียงใด และสามารถจำแนกภาวะอาการระบบประสาทดีขึ้นในระยะเฉียบพลันและวิกฤตออกได้เป็น 8 กลุ่ม (จำแนกจากความรวดเร็ว 2 กลุ่มหลัก X 4 ระดับ)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Tiamkao, S., Ienghong, K., Cheung, L.W., Celebi, I., Suzuki, T., & Apiratwarakul, K. (2022). Stroke incidence, rate of thrombolytic therapy, mortality in Thailand from 2009 to 2021. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 9(E):110-115.
- [2] GBD 2019 Stroke Collaborators. (2021). Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet Neurology*, 20(10), 795-820.
- [3] Powers, W. J., Rabinstein, A. A., Ackerson, T., Adeoye, O. M., Bambakidis, N. C., Becker, K., Biller, J., Brown, M., Demaerschalk, B. M., Hoh, B., Jauch, E. C., Kidwell, C. S., Leslie-Mazwi, T. M., Ovbiagele, B., Scott, P. A., Sheth, K. N., Southerland, A. M., Summers, D. V., & Tirschwell, D. L. (2019). Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: 2019 update to the 2018 guidelines for the early management of acute ischemic stroke: A guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 50(12), e344-e418.
- [4] The National Institute of Neurological Disorders and Stroke rt-PA Stroke Study Group. (1995). Tissue plasminogen activator for acute ischemic stroke. *The New England Journal of Medicine*, 333, 1581-1588.
- [5] Psychogios, K., & Tsvigoulis, G. (2022). Intravenous thrombolysis for acute ischemic stroke: Why not?. *Current Opinion in Neurology*, 35(1), 10-17.
- [6] Sharma, D., & Smith, M. (2022). The intensive care management of acute ischaemic stroke. *Current Opinion in Critical Care*, 28(2), 157-165.
- [7] Apoil, M., Turc, G., Tisserand, M., Calvet, D., Naggara, O., Domigo, V., Baron, J. C., Oppenheim, C., & Touzé, E. (2013). Clinical and magnetic resonance imaging predictors of very early neurological

- response to intravenous thrombolysis in patients with middle cerebral artery occlusion. *Journal of the American Heart Association*, 2(6), e000511.
- [8] Amornpojnimman, T., Intusoma, U., Sanghan, N., Kaewborisutsakul, A., & Sathirapanya, P. (2022). Predictors of neurological deterioration during admission for patients with cerebellar strokes. *Journal of Health Science and Medical Research*, 40(2), 117-128.
- [9] Pensri, L., & Naksri, S. (2021). Association of stroke severity and early neurological deterioration in patients with acute ischemic stroke. *Thai Journal of Cardio-Thoracic Nursing*, 32(2), 146-160. (In Thai)
- [10] Sukhavulli, O., Sindhu, S., Pinyopassakul, W., & Viwatwongkasem, C. (2019). Factors influencing early neurological recovery in patients with acute ischemic stroke. *Walailak Journal of Science and Technology*, 16(12), 931-941.
- [11] Neurological Institute of Thailand. (2019). *Clinical practice guidelines for ischemic stroke*. Bangkok: Neurological Institute of Thailand. (In Thai)
- [12] Munn, Z., Peters, M. D. J., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., & Aromataris, E. (2018). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Medical Research Methodology*, 18(1), 143.
- [13] Kummatid, A., & Markrat, M. (2016). Using the systematic review to provide a complete summary on a research question in evidence-based practice: A 3-step method. *The Southern College Network Journal of Nursing and Public Health*, 3(3), 246-259. (In Thai).
- [14] Brown, D. L., Johnston, K. C., Wagner, D. P., & Haley, E. C., Jr (2004). Predicting major neurological improvement with intravenous recombinant tissue plasminogen activator treatment of stroke. *Stroke*, 35(1), 147-150.
- [15] Clark, W. M., Wissman, S., Albers, G. W., Jhamandas, J. H., Madden, K. P., & Hamilton, S. (1999). Recombinant tissue-type plasminogen activator (Alteplase) for ischemic stroke 3 to 5 hours after symptom onset. The ATLANTIS Study: A randomized controlled trial. Alteplase Thrombolysis for Acute Noninterventional Therapy in Ischemic Stroke. *JAMA*, 282(21), 2019-2026.
- [16] Hemmen, T. M., Ernstrom, K., & Raman, R. (2011). Two-hour improvement of patients in the National Institute of Neurological Disorders and Stroke trials and prediction of final outcome. *Stroke*, 42(11), 3163-3167.
- [17] Sykora, M., Kellert, L., Michel, P., Eskandari, A., Feil, K., Rémi, J., Ferrari, J., Krebs, S., Lang, W., Serles, W., Siarnik, P., Turcani, P., Kovacik, M., Bender, B., Mengel, A., Poli, K., & Poli, S. (2020). Thrombolysis in stroke with unknown onset based on non-contrast computerized tomography (TRUST CT). *Journal of the American Heart Association*, 9(4), e014265.
- [18] Takagi, T., Kato, T., Sakai, H., & Nishimura, Y. (2014). Early neurologic improvement based on the National Institutes of Health Stroke Scale score predicts favorable outcome within 30 minutes after undergoing intravenous recombinant tissue plasminogen activator therapy. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 23(1), 69-74.
- [19] Bodenat M, Debette S, Cordonnier C, Dumont F, Henon H, Bordet R, & Leys, D. (2013). A very early neurological improvement after intravenous thrombolysis for acute cerebral ischaemia does not necessarily predict a favourable outcome. *Acta Neurologica Belgica*, 113(1), 67-72.
- [20] Guettier, S., Cogez, J., Bonnet, A. L., Dean, P., Apoil, M., Tchoumi, T., Dubuc, L., Arzur, J., de la Sayette, V., Kouassi, L. K., Viader, F., & Touzé, E. (2016). Factors associated with timing of early neurological improvement after thrombolysis for ischaemic stroke. *European Journal of Neurology*, 23(3), 664-667.
- [21] Ichijo, M., Iwasawa, E., Numasawa, Y., Miki, K., Ishibashi, S., Tomita, M., Tomimitsu, H., Kamata, T., Fujigasaki, H., Shintani, S., & Mizusawa, H. (2015). Significance of development and reversion of collaterals on MRI in early neurologic improvement and long-term functional outcome after intravenous thrombolysis for ischemic stroke. *American Journal of Neuroradiology*, 36(10), 1839-1845.
- [22] Yeo, L. L., Paliwal, P., Teoh, H. L., Seet, R. C., Chan, B. P., Wakerley, B., Liang, S., Rathakrishnan, R., Chong, V. F., Ting, E. Y., & Sharma, V. K. (2013). Early and continuous neurologic improvements after intravenous thrombolysis are strong predictors of favorable long-term outcomes in acute ischemic stroke. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 22(8), e590-e596.
- [23] Boddu, D. B., Srinivasarao Bandaru, V. C., Reddy, P. G., Madhusudan, M., Rukmini, M. K., Suryaprabha, T., Jabeen, S. A., Suvarna, A., Jayalakshmi, S. S., Meena, A. K., Borgohain, R., & Kaul, S. (2010). Predictors of major neurological improvement after intravenous thrombolysis in acute ischemic stroke: A hospital-based study from south India. *Neurology India*, 58(3), 403-406.
- [24] Kotlega D, Meller A, GoTab-Janowska M, Pawlukowska W, & Nowacki P. (2019). The early outcome of thrombolytic treatment in ischaemic stroke patients: A retrospective analysis. *Medical Studies/Studia Medyczne*, 35(1): 16-22.

- [25] Muchada, M., Rodriguez-Luna, D., Pagola, J., Flores, A., Sanjuan, E., Meler, P., Boned, S., Alvarez-Sabin, J., Ribo, M., Molina, C. A., & Rubiera, M. (2014). Impact of time to treatment on tissue-type plasminogen activator-induced recanalization in acute ischemic stroke. *Stroke*, *45*(9), 2734-2738.
- [26] Nam, H. S., Lee, K. Y., Han, S. W., Kim, S. H., Lee, J. Y., Ahn, S. H., Kim, D. J., Kim, D. I., Nam, C. M., & Heo, J. H. (2009). Prediction of long-term outcome by percent improvement after the first day of thrombolytic treatment in stroke patients. *Journal of the Neurological Sciences*, *281*(1-2), 69-73.
- [27] Seok, J., Lee, J.S., Jeong, K.Y., & Lee, C.M. (2017). Association between systolic blood pressure after thrombolysis and early neurological improvement in ischaemic stroke patients. *Hong Kong Journal of Emergency Medicine*, *24*(3), 138-144.
- [28] Song, Y. M., Lee, G. H., & Kim, J. I. (2015). Timing of neurological improvement after acute ischemic stroke and functional outcome. *European Neurology*, *73*(3-4), 164-170.
- [29] Yaghi, S., Hinduja, A., & Bianchi, N. (2016). Predictors of major improvement after intravenous thrombolysis in acute ischemic stroke. *International Journal of Neuroscience*, *126*(1), 67-69.

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันโลหิตสูงและการเกิดโรคหัวใจหลอดเลือดในวัยทำงาน: การทบทวนวรรณกรรม

กันยารัตน์ พัวพันธ์^{1*} และอรทัย นนทเกท²

บทคัดย่อ

จากการศึกษาอัตราการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรที่เกิดจากโรคหัวใจหลอดเลือดที่เกี่ยวข้องกับโรคความดันโลหิตสูงในชาวอเมริกัน อายุมากกว่าหรือเท่ากับ 35 ปีพบว่ามีร้อยละ 25.4 ของผู้เสียชีวิตทั้งหมดเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือดที่เกี่ยวข้องกับโรคความดันโลหิตสูง โดยในปี ค.ศ. 2019 พบอัตราการเสียชีวิตในผู้ใหญ่อายุ 35 ถึง 60 ปีซึ่งเป็นการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร เท่ากับ 44.6 ต่อประชากร 100,000 คน (95% CI, 44.3–45.0) ผู้วิจัยจึงสนใจทบทวนวรรณกรรมเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจหลอดเลือดในวัยทำงาน โดยสืบค้นหลักฐานความรู้ในช่วงเวลาปี ค.ศ.2000 – 2020 จากฐานข้อมูล PubMed, Science Direct, Google scholar และ CINAHL ใช้คำสืบค้นตามหลักของ PICO ได้บทความวิจัยภาษาอังกฤษและภาษาไทยที่เกี่ยวข้องจำนวน 16 เรื่อง ซึ่งสามารถสรุปประเด็นความรู้ได้ 4 ประเด็น คือ 1) อุบัติการณ์การเกิดโรค และการเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือดทุกชนิดเพิ่มสูงขึ้นสัมพันธ์กับระดับความดันโลหิตที่เพิ่มสูงขึ้น 2) อัตราความเสี่ยงของการเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือดในวัยทำงานที่มีภาวะความดันโลหิตสูงเฉพาะความดันโลหิตซิสโตลิก(isolated systolic hypertension) เพิ่มขึ้นตามความดันโลหิตซิสโตลิกที่สูงขึ้น 3) ค่าความดันโลหิตไดแอสโตลิกที่สูงขึ้นเพิ่มความเสี่ยงของอุบัติการณ์การเกิดโรคหัวใจหลอดเลือดในวัยทำงานที่มีภาวะความดันโลหิตสูงสูงขึ้น 4) การคุมความดันโลหิตไม่ได้ตามเกณฑ์เป้าหมาย เป็นปัจจัยหนึ่งของการเกิดอุบัติการณ์และเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงวัยทำงาน ซึ่งความรู้ที่เกิดขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมนี้จะช่วยให้พยาบาลตระหนักและเห็นความสำคัญในการจัดการควบคุมภาวะความดันโลหิตสูงในผู้ป่วยวัยทำงานมากขึ้น

คำสำคัญ: ปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจหลอดเลือด ความดันโลหิตสูง วัยทำงาน

¹ นศ., หลักสูตรพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 80160

² ผศ.ดร., หลักสูตรพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 80160

¹ MSN (candidate), Master of Nursing Science in Adult and Gerontological Nursing, School of Nursing, Walailak University, 80160

² Asist. Dr., Master of Nursing Science in Adult and Gerontological Nursing, School of Nursing, Walailak University, 80160

* Corresponding author: Tel.: 0-7567-2101-2 E-mail address: orratai.no@wu.ac.th

Association between High Blood Pressure Level and Cardiovascular Disease

in The Working-age Population: Integrative Review

Kanyarat Puapan^{1*} and Orratai Nontapet²

Abstract

A study of premature mortality caused by hypertension - related cardiovascular disease in Americans aged 35 or older revealed that 25.4 percent of all deaths resulted from coronary heart disease related to hypertension. In 2019, the death rate among adults aged 35 to 60 years reached 44.6 per 100,000 population (95% CI, 44.3–45.0). The researchers therefore aim to review the literature on the relationship between hypertension and cardiovascular disease in working-age patients by studying related articles published in PubMed, Science Direct, Google scholar and CINAHL databases between 2000 and 2020. The researchers used PICO-based keywords to select a total of 16 English/Thai articles and four major topics emerged from the review: 1) Incidence of the disease and deaths caused by all forms of cardiovascular disease increased in correlation with increased blood pressure levels; 2) The risk of mortality from cardiovascular disease among working-age adults with hypertension (isolated systolic hypertension) increased with elevated systolic blood pressure; 3) Higher diastolic blood pressure increased the risk of cardiovascular disease in working-age patients with high blood pressure and 4) Failure to control blood pressure as aimed is one factor of the incidence and death from cardiovascular disease in working-age population with hypertension. This literature review is believed to raise awareness among nurses and emphasize importance of hypertension control in working-aged patients.

Key word: Cardiovascular risk factor, Hypertension, Working-age patients.

¹ MSN (candidate), Master of Nursing Science in Adult and Gerontological Nursing, School of Nursing, Walailak University, 80160

² Asist. Dr., Master of Nursing Science in Adult and Gerontological Nursing, School of Nursing, Walailak University, 80160

* Corresponding author: Tel.: 0-7567-2101-2 E-mail address: orratai.no@wu.ac.th

บทนำ

โรคหัวใจหลอดเลือดเป็นสาเหตุการเสียชีวิตหลักและมีส่วนทำให้คุณภาพชีวิตของประชากรโลกลดลง โดยในปี พ.ศ.2560 พบการเสียชีวิตทั่วโลกประมาณ 17.8 ล้านคน สอดคล้องกับจำนวนปีที่สูญเสียชีวิตไปเนื่องจากการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร และจำนวนปีที่สูญเสียชีวิตไปเนื่องจากความเจ็บป่วย⁽⁷⁾ ซึ่งพบว่าการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรทั่วโลกเท่ากับ 17 ล้านคน และเป็นประชากรกลุ่มอายุระหว่าง 30-70ปี อันมีสาเหตุจากโรคหัวใจหลอดเลือดคิดเป็นร้อยละ 38⁽¹²⁾ สำหรับในประเทศไทยจากการรายงานข้อมูลของกองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข ระหว่างปีพ.ศ. 2557-2561 พบอัตราการเสียชีวิตจากโรคไม่ติดต่อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในประชากรไทย โดยในปีพ.ศ. 2561 มีจำแนกสาเหตุการเสียชีวิตระหว่างเพศพบว่าโรคหลอดเลือดสมองเป็นสาเหตุอันดับ 1 ทั้งในเพศชายและเพศหญิง⁽¹⁴⁾ ส่วนโรคความดันโลหิตสูงจากสถานการณ์โลกพบความชุกในประชากรของประเทศที่กำลังพัฒนาหรือประเทศที่มีรายได้ต่ำจนถึงรายได้ปานกลางมากกว่าประเทศที่มีรายได้สูง ในปี พ.ศ.2558 ประชากรโลกเสียชีวิตจากภาวะความดันโลหิตสูง 8.5 ล้านคน โดยร้อยละ 88 เป็นประเทศที่มีรายได้ต่ำจนถึงรายได้ปานกลาง⁽¹³⁾ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอัตราการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรที่เกิดจากโรคหัวใจหลอดเลือดที่เกี่ยวข้องกับโรคความดันโลหิตในชาวอเมริกันอายุมากกว่าหรือเท่ากับ 35 ปีพบว่าร้อยละ 25.4 ของผู้เสียชีวิตทั้งหมดเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือดที่เกี่ยวข้องกับโรคความดันโลหิตสูง โดยในปี พ.ศ.2562 พบอัตราการเสียชีวิตในผู้ใหญ่อายุ 35 ถึง 60 ปีซึ่งเป็นการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร เท่ากับ 44.6 ต่อประชากร 100,000 คน (95% CI, 44.3–45.0) ซึ่งอัตราการเสียชีวิตนั้นเกิดจากโรคหัวใจหลอดเลือดที่เกี่ยวข้องจากโรคความดันโลหิตสูงทั้งสองเพศและสองช่วงปี โดยเพศชายมีอัตราการเพิ่มอย่างเห็นได้ชัดมากกว่าเพศหญิง⁽¹¹⁾ สำหรับประเทศไทยความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในประชากรไทยอายุ 15 ปีขึ้นไปเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 21.4 ในปีพ.ศ. 2551 – 2552 เป็นร้อยละ 25.4 ในปีพ.ศ. 2562 – 2563⁽¹⁶⁾ และเมื่อศึกษาสถานการณ์การเสียชีวิตก่อนวัยอันควรของโรคไม่ติดต่อสำคัญ 5 โรคพบการเพิ่มขึ้นของอัตราการเสียชีวิตจากภาวะความดันโลหิตสูงจาก 5.7 ต่อประชากร 100,000 คน เป็น 12.1 ต่อประชากร 100,000 คน และอัตราการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรระหว่างอายุ 30-69 ปีจาก 3.8 ต่อประชากร 100,000 คน เป็น 7.1 ต่อประชากร 100,000 คน ขณะที่สัดส่วนการเสียชีวิตอายุระหว่าง 30-69 ปีลดลง⁽¹⁵⁾ จะเห็นได้ว่าผู้ป่วยความดันโลหิตสูงมีอุบัติการณ์โรคหัวใจหลอดเลือดเพิ่มขึ้นตามค่าความดันโลหิต และเพิ่มขึ้นตามชนิด จำนวน ความรุนแรงของความเสียหายร่วมหลายชนิด ดังนั้นเป้าหมายการรักษาพยาบาลผู้ป่วยความดันโลหิตสูง จึงมุ่งเน้นการป้องกันและลดความเสี่ยงโรคหัวใจหลอดเลือดโดยการควบคุมความดันโลหิตให้ได้ตามเกณฑ์เป้าหมาย เป็นแนวทางสำคัญสำหรับการออกแบบ เลือกลงแนวทางรักษาพยาบาล และวางแผนติดตามได้อย่างเหมาะสมสำหรับผู้ป่วยแต่ละบุคคล เพื่อลดความเสี่ยง ป้องกัน หรือชะลอการเกิดโรคหัวใจหลอดเลือดในประชากรวัยทำงานที่มีภาวะความดันโลหิตสูงอีกด้วย

วิธีดำเนินการ

ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าเอกสาร แนวทางปฏิบัติ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์โดยสืบค้นจากฐานข้อมูล PubMed, Science Direct, Google scholar และ CINAHL โดยใช้คำสืบค้นตามหลักของ PICO คำหลัก คือ “Young Adult” ร่วมกับ “hypertension, high blood pressure, systolic blood pressure, Diastolic blood pressure, cardiovascular disease risk” สืบค้นเอกสารที่พิมพ์เผยแพร่ในช่วงปี 2000 ถึง 2020 มีการบันทึกงานวิจัยที่ได้จากการสืบค้น (search record) คัดกรองงานวิจัยที่ได้จากการสืบค้น (screening document) เพื่อคัดเลือกงานวิจัยที่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด และอ่านแบบ Skimming เพื่อพิจารณาเนื้อหาว่าตรงตามวัตถุประสงค์หรือไม่ จากนั้นใช้ทักษะการอ่านแบบละเอียด เพื่อเปรียบเทียบ วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยที่ตรงตามเกณฑ์เพื่อสรุปประเด็นความรู้

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการสืบค้นเอกสารในช่วงปี 2000 -2020 ได้บทความวิจัยภาษาอังกฤษที่เกี่ยวข้องจำนวน 14 เรื่อง สามารถสรุปเป็นประเด็นความรู้ได้ 4 ประเด็นดังนี้

1) อุบัติการณ์การเกิดโรคและการเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือดทุกชนิดเพิ่มสูงขึ้นสัมพันธ์กับระดับความดันโลหิตที่เพิ่มสูงขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 1 จากหลักฐานความรู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของโรคความดันโลหิตสูงกับอุบัติการณ์การเกิดโรคหลอดเลือดสมองในกลุ่มประชากรผิวขาว และผิวดำ วัยผู้ใหญ่ตอนต้นและวัยกลางคนซึ่งเป็นวัยทำงาน อายุเฉลี่ย 30 ถึง 40 ปี โดยประชากรที่ศึกษาแบ่งตามระดับความดันโลหิตตาม 2017 Hypertension Clinical Practice Guidelines⁽⁴⁾ โดยเปรียบเทียบกับค่าความดันโลหิตปกติพบความสัมพันธ์ของอุบัติการณ์การเกิดโรคหลอดเลือดสมองประมาณ 2 เท่า ในประชากรที่เริ่มมีความดันโลหิตสูง (aHR=1.84 ;95% CI, 0.79-4.32) กับประชากรซึ่งมีความดันโลหิตสูงระดับ 1 (aHR=1.78 ;95% CI, 0.83-3.82)และเพิ่มอุบัติการณ์การเกิดโรคหลอดเลือดสมองประมาณ 6 เท่าในประชากรซึ่งมีความดันโลหิตสูงระดับ 2 (aHR=5.84 ;95% CI, 3.43-9.95) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของภาวะความดันโลหิตสูงกับอุบัติการณ์การเกิดและการเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือด ในกลุ่มประชากรวัยผู้ใหญ่ตอนต้นอายุระหว่าง 18-45 ปีที่มีประวัติภาวะความดันโลหิตสูง⁽⁶⁾ ซึ่งในการศึกษานี้จะแบ่งกลุ่มตามระดับความดันโลหิต อายุ ดัชนีมวลกาย และเพศซึ่งผลการศึกษาพบว่าความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจหลอดเลือดเพิ่มขึ้นตามค่าความดันโลหิตที่เพิ่มขึ้น โดยความดันโลหิตปกติมีความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจหลอดเลือดประมาณ 1 เท่า (aRR= 1.19; 95% CI, 1.08 - 1.31) ส่วนความดันโลหิตปกติค่อนไปทางสูงความเสี่ยงเท่ากับ 1.35 เท่า (aRR=1.35; 95% CI, 1.22 - 1.49) และเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความดันโลหิตปกติ ความดันโลหิตสูงระดับที่ 1 มีความเสี่ยงของการเกิดโรคมมากกว่าเกือบ 2 เท่า (aRR=1.92; 95% CI, 1.68-2.19) และเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคเป็น 3 เท่า (aRR=3.15 ; 95% CI, 2.31- 4.29) เมื่อมีความดันโลหิตสูงระดับที่ 2 นอกจากนั้นยังมีศึกษากลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยความดันโลหิตสูงอายุตั้งแต่ 30-95 ปี จำนวน 225 ราย ณหน่วยปฐมภูมิแห่งหนึ่ง⁽⁸⁾ พบว่าผู้ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงมีโอกาสในการเกิดภาวะเจ็บหน้าอกเฉียบพลันในช่วงชีวิตหนึ่งมากกว่าผู้ไม่มีภาวะความดันโลหิตสูงซึ่งความแตกต่างนั้นคิดเป็นประมาณ 4 เท่า (Lifetime Risk=10.1 ; 95% CI, 9.8-10.3)VS(Lifetime Risk=6.7 ; 95% CI, 6.4-7.0) โอกาสในการเกิดภาวะเจ็บแค้นอกคงที่ในช่วงชีวิตหนึ่งมากกว่าผู้ไม่มีภาวะความดันโลหิตสูงประมาณ 4 เท่า (Lifetime Risk= 4.9; 95% CI, 4.7-5.2)VS(Lifetime Risk=8.9 ; 95% CI, 8.7-9.2) และโอกาส

ในการเกิดกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดในช่วงชีวิตหนึ่งมากกว่าผู้ไม่มีภาวะความดันโลหิตสูงประมาณ 3 เท่า (Lifetime Risk= 5.5; 95% CI, 5.3–5.8)VS(Lifetime Risk=8.0 ; 95% CI, 7.8–8.3)

ตารางที่ 1 ระดับความดันโลหิต กับความเสี่ยงโรคหัวใจหลอดเลือด

ที่มา (ชื่อแรก, ปี)	ผลลัพธ์	ปัจจัยเสี่ยง	สถิติวิเคราะห์และผล
Gerber 2021	Stroke Incidence	Elevated BP	aHR 1.84 (0.79–4.32)
Gerber 2021	Stroke Incidence	Stage 1 HTN	aHR 1.78 (0.83–3.82)
Gerber 2021	Stroke Incidence	Stage 2 HTN	aHR 5.84 (3.43–9.95)
Luo 2020	cardiovascular events	Normal	aRR 1.19 (1.08 - 1.31)
Luo 2020	cardiovascular events	High normal	aRR 1.35 (1.22 - 1.49)
Luo 2020	cardiovascular events	Grade 1 hypertension	aRR 1.92 (1.68 - 2.19)
Luo 2020	cardiovascular events	Grade 2 hypertension	aRR 3.15 (2.31 - 4.29)
Rapsomaniki 2014	Stable angina	≥140/90 มม.ปรอท	Lifetime risk 8.9 (8.7-9.2)
Rapsomaniki 2014	Unstable angina	≥140/90 มม.ปรอท	Lifetime risk 10.1 (9.8–10.3)
Rapsomaniki 2014	Myocardial infarction	≥140/90 มม.ปรอท	Lifetime risk 8.0 (7.8–8.3)
Rapsomaniki 2014	Unheralded coronary heart disease death	≥140/90 มม.ปรอท	Lifetime risk 2.5 (2.4–2.6)
Rapsomaniki 2014	Heart failure	≥140/90 มม.ปรอท	Lifetime risk 7.8 (7.6–8.1)
Rapsomaniki 2014	Cardiac arrest/sudden cardiac death	≥140/90 มม.ปรอท	Lifetime risk 2.3 (2.2–2.4)
Rapsomaniki 2014	Transient ischemic attack	≥140/90 มม.ปรอท	Lifetime risk 6.5 (6.3–6.7)
Rapsomaniki 2014	Ischemic stroke and stroke not otherwise specified	≥140/90 มม.ปรอท	Lifetime risk 7.6 (7.3–7.8)
Rapsomaniki 2014	Subarachnoid hemorrhage	≥140/90 มม.ปรอท	Lifetime risk 0.9 (0.7–1.0)
Rapsomaniki 2014	Intracerebral hemorrhage	≥140/90 มม.ปรอท	Lifetime risk 1.3 (1.2–1.4)

ที่มา (ชื่อแรก, ปี)	ผลลัพธ์	ปัจจัยเสี่ยง	สถิติวิเคราะห์และผล
Rapsomaniki 2014	Peripheral arterial disease	≥140/90 มม.ปรอท	Lifetime risk 5.8 (5.6–6.0)
Rapsomaniki 2014	Abdominal aortic aneurysm	≥140/90 มม.ปรอท	Lifetime risk 1.6 (1.5–1.7)

คำสถิติ: aHR, adjusted Hazard Risk ค่าอัตราเสี่ยงหลังจากปรับอิทธิพลของปัจจัยเสี่ยงร่วม; aRR, adjusted Relative Risk อัตราส่วนของความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ในกลุ่มสัมผัสปัจจัยเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้สัมผัสปัจจัยหลังจากปรับอิทธิพลของปัจจัยเสี่ยงร่วม; Lifetime risk ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคตลอดชีวิต

2) อัตราความเสี่ยงของการเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือดในวัยทำงานที่มีภาวะความดันโลหิตสูงเฉพาะความดันโลหิตซิสทอลิก (isolated systolic hypertension) เพิ่มขึ้นตามความดันโลหิตซิสทอลิกที่สูงขึ้นทุกๆ 20 มิลลิเมตรปรอท ดังแสดงในตารางที่ 2 พบความสัมพันธ์กับการเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจหลอดเลือดคิดเป็น 1.26 เท่า (aHR=1.26; 95% CI, 1.25–1.28) และสัมพันธ์กับการเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจหลอดเลือดแยกตามชนิดของโรค 3 อันดับแรกคือ ภาวะเลือดออกในสมองคิดเป็น 1.44 เท่า (aHR=1.44; 95% CI, 1.32–1.58) ซึ่งใกล้เคียงกับภาวะเลือดออกใต้เยื่อหุ้มสมองชั้นกลางที่คิดเป็น 1.43 เท่า⁽⁸⁾ (aHR=1.43; 95% CI, 1.25–1.63) และภาวะเจ็บเค้นอกคงที่คิดเป็น 1.41 เท่า (aHR=1.41; 95% CI, 1.36–1.46) นอกจากนี้มีตัวอย่างการศึกษาจาก Monitoring of Trends and Determinants in Cardiovascular Disease (MONICA)/Cooperative Health Research in the Region of Augsburg (KORA)⁽⁹⁾ ในประชากรอายุ 25 ถึง 45 ปี โดยใช้เกณฑ์การประเมินภาวะความดันโลหิตสูงจาก European Society of Hypertension (ESH) และ European Society of Cardiology (ESC) ความดันโลหิตซิสทอลิกมากกว่าหรือเท่ากับ 140 มิลลิเมตรปรอท และความดันโลหิตไดแอสทอลิกน้อยกว่า 90 มิลลิเมตรปรอท กำหนดการศึกษาพร้อมกับปัจจัยอื่นแบ่งเป็นสี่รูปแบบคือรูปแบบที่หนึ่งพบการเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือดคิดเป็น 2 เท่า (aHR= 2.19; 95% CI, 1.18–4.06, p < 0.05) เมื่อศึกษาแยกตามเพศและอายุ ร่วมกับภาวะความดันโลหิตสูงเฉพาะความดันโลหิตซิสทอลิกเปรียบเทียบกับผู้ที่มีความดันโลหิตปกติ รูปแบบที่สองพบการเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือดคิดเป็น 2 เท่า (aHR= 2.13; 95% CI, 1.15–3.95, p < 0.05) เมื่อศึกษาแยกตามรูปแบบการใช้ชีวิตร่วมกับภาวะความดันโลหิตสูงเฉพาะความดันโลหิตซิสทอลิกเปรียบเทียบกับผู้ที่มีความดันโลหิตปกติ รูปแบบที่สามพบการเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือดคิดเป็น 2 เท่า (aHR= 2.01; 95% CI, 1.08–3.74, p < 0.01) เมื่อศึกษาแยกตามปัจจัยทางจิตสังคมร่วมกับภาวะความดันโลหิตสูงเฉพาะความดันโลหิตซิสทอลิกเปรียบเทียบกับผู้ที่มีความดันโลหิตปกติ และรูปแบบที่สี่พบการเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือดคิดเป็น 2 เท่าเช่นกัน (aHR= 1.89; 95% CI, 1.01–3.53, p < 0.001) เมื่อศึกษาแยกตามประวัติการเกิดโรคและการรักษาหัวใจหลอดเลือดร่วมกับภาวะความดันโลหิตสูงเฉพาะความดันโลหิตซิสทอลิกเปรียบเทียบกับผู้ที่มีความดันโลหิตปกติ จะเห็นได้ว่าในทุกๆรูปแบบของการศึกษาการเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือดก็ยังคงเพิ่มขึ้นเมื่อมีภาวะความดันโลหิตสูงเฉพาะความดันโลหิตซิสทอลิก นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ของความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นต่อการเกิดและ/หรือการเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือด ต่อความดันซิสทอลิกที่เพิ่มขึ้นในแต่ละยูนิตวิเคราะห์ ทุก ๆ 1 มม.ปรอท (10 มม.ปรอท และ 20 มม.ปรอท) เช่น การวิจัยเปรียบเทียบความสำคัญของค่าความดันโลหิตสูงที่สุดเมื่อหัวใจห้องล่างซ้ายบีบตัว (systolic blood pressure : SBP ในชาวเอเชียแปซิฟิก ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์⁽²⁾) โดยผลจากการศึกษาวิเคราะห์ค่าความดันโลหิตทุกๆ 1 ช่วงอันตรายภาคชั้นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (+1 SD) พบว่า ค่าความดันซิสทอลิกเพิ่มขึ้นทุกๆ 1 ช่วงอันตรายภาคชั้นมีความสัมพันธ์ทางบวกกับอัตราเสี่ยงการเสียชีวิตจากสาเหตุโรคหัวใจหลอดเลือด โดยผู้ชายอายุน้อยกว่า

50 ปีมีโอกาสเสี่ยงในการเสียชีวิตจากสาเหตุโรคหลอดเลือดสมองเพิ่มขึ้นร้อยละ 50 (aHR 2.0, 95%CI 1.7-2.3) และโอกาสเสี่ยงจากการเสียชีวิตด้วยสาเหตุโรคหลอดเลือดหัวใจเพิ่มขึ้น ร้อยละ 50 (aHR 1.5, 95%CI 1.3-1.7) ผู้ชายวัย 50-59 ปี มีโอกาสในการเสียชีวิตจากสาเหตุโรคหลอดเลือดสมองเพิ่มขึ้น ร้อยละ 100 (aHR 2.0, 95%CI 1.8-2.2) และมีโอกาสเสี่ยงจากการเสียชีวิตด้วยสาเหตุโรคหลอดเลือดหัวใจเพิ่มขึ้นร้อยละ 40 (aHR 1.4, 95%CI 1.2-1.6) ส่วนในเพศหญิงอายุน้อยกว่า 50 ปี มีโอกาสเสี่ยงในการเสียชีวิตจากสาเหตุโรคหลอดเลือดสมองเพิ่มขึ้น ร้อยละ 90 (aHR 1.9, 95%CI 1.6-2.4) และมีโอกาสเสี่ยงต่อการเสียชีวิตจากสาเหตุของโรคหลอดเลือดหัวใจเพิ่มขึ้นร้อยละ 40 (aHR 2.4, 95%CI 1.9-3.1) โดยเพศหญิงวัย 50-59 ปี มีโอกาสเสี่ยงต่อการเสียชีวิตจากสาเหตุสองชนิดดังกล่าวเพิ่มขึ้นร้อยละ 70 (aHR 1.7, 95%CI 1.4-1.9) และร้อยละ 50 (aHR 1.5, 95%CI 1.3-1.7) ตามลำดับ การศึกษาโครงการ Global Burden of Metabolic Risk Factors of Chronic Diseases Collaborating Group⁽¹⁰⁾ ผลที่วิเคราะห์คือค่าความดันโลหิตเพิ่มทุก ๆ หน่วยวิเคราะห์ 10 มม.ปรอทอัตราการเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจหลอดเลือดเพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มจะแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มวัย ดังนี้ วัยผู้ใหญ่อายุ 35-44 ปี มีโอกาสเสี่ยงเพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 68 (aRR 1.68, 95%CI 1.29-2.20) ถึงร้อยละ 86 (aRR 2.86, 95%CI 2.67-3.06) วัยผู้ใหญ่ อายุ 45-54 ปี มีโอกาสเสี่ยงเพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 49 (aRR 2.49, 95%CI 2.37-2.61) ถึงร้อยละ 89 (aRR 1.89, 95%CI 1.43-2.51)ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่าความดันโลหิตซิสทอลิกกับความเสี่ยงโรคหัวใจหลอดเลือด

ที่มา (ชื่อแรก, ปี)	ผลลัพธ์	ปัจจัยเสี่ยง	สถิติวิเคราะห์และผล
Rapsomaniki 2014	Stable angina	SBP เพิ่ม 20 มม.ปรอท	aHR 1.41 (1.36–1.46)
Rapsomaniki 2014	Unstable angina	SBP เพิ่ม 20 มม.ปรอท	aHR 1.25 (1.18–1.32)
Rapsomaniki 2014	Myocardial infarction	SBP เพิ่ม 20 มม.ปรอท	aHR 1.29 (1.25–1.34)
Rapsomaniki 2014	Unheralded coronary heart disease death	SBP เพิ่ม 20 มม.ปรอท	aHR 1.26 (1.19–1.34)
Rapsomaniki 2014	Heart failure	SBP เพิ่ม 20 มม.ปรอท	aHR 1.27 (1.23–1.32)
Rapsomaniki 2014	Cardiac arrest/sudden cardiac death	SBP เพิ่ม 20 มม.ปรอท	aHR 1.19 (1.10–1.29)
Rapsomaniki 2014	Transient ischemic attack	SBP เพิ่ม 20 มม.ปรอท	aHR 1.15 (1.11–1.19)
Rapsomaniki 2014	Ischemic stroke	SBP เพิ่ม 20 มม.ปรอท	aHR 1.35 (1.28–1.42)
Rapsomaniki 2014	Subarachnoid hemorrhage	SBP เพิ่ม 20 มม.ปรอท	aHR 1.43 (1.25–1.63)
Rapsomaniki 2014	Intracerebral hemorrhage	SBP เพิ่ม 20 มม.ปรอท	aHR 1.44 (1.32–1.58)
Rapsomaniki 2014	Peripheral arterial disease	SBP เพิ่ม 20 มม.ปรอท	aHR 1.35 (1.30–1.40)

ที่มา (ชื่อแรก, ปี)	ผลลัพธ์	ปัจจัยเสี่ยง	สถิติวิเคราะห์และผล
Rapsomaniki 2014	Abdominal aortic aneurysm	SBP เพิ่ม 20 มม.ปรอท	aHR 1.08 (1.00–1.17)
Rapsomaniki 2014	Total CVD	SBP เพิ่ม 20 มม.ปรอท	aHR 1.26 (1.25–1.28)
Seryan 2021	CVD mortality	SBP \geq 140 มม.ปรอท Model1	aHR 2.19 (1.18–4.06)
Seryan 2021	CVD mortality	SBP \geq 140 มม.ปรอท Model2	aHR 2.13 (1.15–3.95)
Seryan 2021	CVD mortality	SBP \geq 140 มม.ปรอท Model3	aHR 2.01 (1.08–3.74)
Seryan 2021	CVD mortality	SBP \geq 140 มม.ปรอท Model4	aHR 1.89 (1.01–3.53)
APCSC 2003	Fatal Stroke Events	SBP +1 SD; M < 50 years	aHR 2.0 (1.7–2.3)
APCSC 2003	Fatal IHD Events	SBP +1 SD; M < 50 years	aHR 1.5 (1.3–1.7)
APCSC 2003	Fatal Stroke Events	SBP +1 SD; M 50-59 years	aHR 2.0 (1.8–2.2)
APCSC 2003	Fatal IHD Events	SBP +1 SD; M 50-59 years	aHR 1.4 (1.2–1.6)
APCSC 2003	Fatal Stroke Events	SBP +1 SD; F < 50 years	aHR 1.9 (1.6–2.4)
APCSC 2003	Fatal IHD Events	SBP +1 SD; F < 50 years	aHR 2.4(1.9-3.1)
APCSC 2003	Fatal Stroke Events	SBP +1 SD; F 50-59 years	aHR 1.7 (1.4–1.9)
APCSC 2003	Fatal IHD Events	SBP +1 SD; F 50-59 years	aHR 1.5(1.3-1.7)
Singh 2013	IHD	SBP เพิ่ม 10 มม.ปรอท; 35-44 years	aRR 1.68 (1.23-2.20)
Singh 2013	IHD	SBP เพิ่ม 10 มม.ปรอท;45-54 years	aRR 1.56(1.29-1.89)
Singh 2013	IHD	SBP เพิ่ม 10 มม.ปรอท;55-64 years	aRR 1.45(1.29-1.62)
Singh 2013	Ischemic Stroke	SBP เพิ่ม 10 มม.ปรอท; 35-44 years	aRR 2.05(1.89-2.22)
Singh 2013	Ischemic Stroke	SBP เพิ่ม 10 มม.ปรอท; 45-54 years	aRR 1.83(1.82-1.93)
Singh 2013	Ischemic Stroke	SBP เพิ่ม 10 มม.ปรอท; 55-64 years	aRR 1.63(1.57-1.69)
Singh 2013	Hemorrhagic Stroke	SBP เพิ่ม 10 มม.ปรอท;35-44 years	aRR 2.11(1.50-2.98)

ที่มา (ชื่อแรก, ปี)	ผลลัพธ์	ปัจจัยเสี่ยง	สถิติวิเคราะห์และผล
Singh 2013	Hemorrhagic Stroke	SBP เพิ่ม 10 มม.ปรอท; 45-54 years	aRR 1.89(1.43-2.51)
Singh 2013	Hemorrhagic Stroke	SBP เพิ่ม 10 มม.ปรอท; 55-64 years	aRR 1.66(1.39-1.98)
Singh 2013	Hypertensive Heart Disease	SBP เพิ่ม 10 มม.ปรอท; 35-44 years	aRR 2.86(2.67-3.06)
Singh 2013	Hypertensive Heart Disease	SBP เพิ่ม 10 มม.ปรอท; 45-54 years	aRR 2.49(2.37-2.61)
Singh 2013	Hypertensive Heart Disease	SBP เพิ่ม 10 มม.ปรอท; 55-64 years	aRR 2.16(2.09-2.24)

คำสถิติ: aHR, adjusted Hazard Risk ค่าอัตราเสี่ยงหลังจากปรับอิทธิพลของปัจจัยเสี่ยงร่วม; aRR, adjusted Relative Risk อัตราส่วนของความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ในกลุ่มสัมผัสปัจจัยเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้สัมผัสปัจจัยหลังจากปรับอิทธิพลของปัจจัยเสี่ยงร่วม

3) ค่าความดันโลหิตไดแอสทอลิกที่สูงขึ้นเพิ่มความเสี่ยงของอุบัติการณ์การเกิดโรคหัวใจหลอดเลือดในวัยทำงานที่มีภาวะความดันโลหิตสูงสูงขึ้นโดยความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นต่อการเกิดและ/หรือการเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือดเมื่อค่าความดันไดแอสทอลิกเพิ่มขึ้นในแต่ละยูนิตวิเคราะห์ (ทุก ๆ 10 มม. ปรอท) ดังแสดงในตารางที่ 3 มีการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความดันโลหิตสูงที่เป็นปัจจัยทำนายอุบัติการณ์ชนิดที่รุนแรงจากโรคหลอดเลือดหัวใจของผู้เข้าร่วมโครงการ Framingham Heart Study⁽³⁾ ในประชากรอายุระหว่าง 20 ถึง 79 ปี ซึ่งไม่มีประวัติโรคหลอดเลือดหัวใจและไม่ใช้ยาลดความดันโลหิต ติดตามเป็นระยะเวลาประมาณ 20 ปี แบ่งเป็น 3 กลุ่มอายุ คือ ผู้ใหญ่ตอนต้นอายุน้อยกว่า 50 ปี ผู้ใหญ่ตอนกลางอายุ 50-59 ปีและผู้ใหญ่ตอนปลายจนถึงสูงอายุอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป พบว่าในผู้ใหญ่ตอนต้นอายุน้อยกว่า 50 ปีเมื่อค่า DBP เพิ่มขึ้นในแต่ละยูนิตวิเคราะห์ทุก ๆ 10 มม.ปรอท มีความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 34 (aHR 1.34; 95% CI, 1.18 -1.51) มีอีกตัวอย่างการศึกษาในฐานข้อมูล the Japan Medical Data Center (JMDC; Tokyo, Japan)⁽⁵⁾ โดยศึกษาความเสี่ยงของโรคหัวใจหลอดเลือดซึ่งใช้ค่าความดันโลหิตไดแอสทอลิกประเมินตาม 2017 American College of Cardiology/American Heart Association hypertension guideline เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาวะความดันโลหิตไดแอสทอลิกสูงกับอุบัติการณ์การเกิดโรคหัวใจหลอดเลือด พบอุบัติการณ์การเกิดโรคหัวใจหลอดเลือดในกลุ่มประชากรที่มีภาวะความดันโลหิตไดแอสทอลิกสูงระดับ 1 คิดเป็นร้อยละ 17 (aHR 1.17; 95% CI, 1.13–1.20) ส่วนประชากรที่มีภาวะความดันโลหิตไดแอสทอลิกสูงระดับ 2 คิดเป็นร้อยละ 28 (aHR 1.28; 95% CI, 1.17–1.41) เมื่อเทียบกับประชากรที่มีภาวะความดันโลหิตไดแอสทอลิกปกติ นอกจากนี้ยังมีโครงการ Cardiovascular research using Linked Bespoke studies and Electronic health Records (CALIBER)⁽⁶⁾ ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของความดันไดแอสทอลิกและอายุกับอุบัติการณ์โรคหัวใจและหลอดเลือดแต่ละชนิด ผลการศึกษาพบว่าในวัยผู้ใหญ่ อายุ 30-59 ปี ค่าความดันไดแอสทอลิกเพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 มม.ปรอทเพิ่มอัตราเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจหลอดเลือดซึ่งเรียงตามลำดับมากไปน้อยห้าอันดับแรกดังต่อไปนี้ โรคหลอดเลือดสมองชนิดเลือดออกได้เยื่อหุ้มสมองชั้นกลางร้อยละ 80 (aHR 1.88, 95%CI 1.54–2.11) ภาวะหัวใจล้มเหลว ร้อยละ 62 (aHR 1.62, 95%CI 1.47–1.78) โรคหลอดเลือดสมองชนิดเลือดออกในสมองร้อยละ 55 (aHR 1.55, 95%CI 1.34–1.79) ภาวะเจ็บหน้าอกชนิดคงที่ร้อยละ 48 (aHR 1.48, 95%CI 1.40–1.56) โรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือดร้อยละ 42 (aHR 1.42, 95%CI 1.27–1.59) เมื่อเปรียบเทียบกับโรคกับการเพิ่มขึ้นของค่าความดันซิสทอลิกที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 20 มม.ปรอท ซึ่งทำให้เกิดโรคหัวใจหลอดเลือดห้าอันดับแรกพบไม่ต่างกันในวัยผู้ใหญ่ อายุ 30-59 ปี แต่อัตราเสี่ยง

จะเพิ่มขึ้นแตกต่างกันตามช่วงอายุที่ยิ่งเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาทุกกลุ่มอายุพบว่า การเพิ่มขึ้นของค่าความดันโลหิตซิสโตลิกทำให้เกิดภาวะหลอดเลือด-
 เฮอร์ติกไปพองมากที่สุดคือร้อยละ 45 (aHR 1.45, 95% CI 1.34–1.56)

ตารางที่ 3 ค่าความดันโลหิตซิสโตลิกกับความเสียหายโรคหัวใจหลอดเลือด

ที่มา (ชื่อแรก, ปี)	ผลลัพธ์	ปัจจัยเสี่ยง	สถิติวิเคราะห์และผล
Franklin 2001	CHD	DBPเพิ่มทุก ๆ 10 มม.ปรอท;<50 ปี	aHR 1.34 (1.18–1.51)
Franklin 2001	CHD	DBPเพิ่มทุก ๆ 10 มม.ปรอท;50-59 ปี	aHR 1.11 (0.99–1.24)
Franklin 2001	CHD	DBPเพิ่มทุก ๆ 10 มม.ปรอท;≥60 ปี	aHR 1.12 (0.99–1.27)
Kaneko 2020	CVD	Stage 1 IDH	aHR 1.17 (1.13–1.20)
Kaneko 2020	CVD	Stage 2 IDH	aHR 1.28 (1.17–1.41)
Rapsomaniki 2014	Stable angina	DBPเพิ่มทุก ๆ 10 มม.ปรอท; 30–59 y	aHR 1.48 (1.40–1.56)
Rapsomaniki 2014	Unstable angina	DBPเพิ่มทุก ๆ 10 มม.ปรอท; 30–59 y	aHR 1.30 (1.21–1.40)
Rapsomaniki 2014	Myocardial infarction	DBPเพิ่มทุก ๆ 10 มม.ปรอท; 30–59 y	aHR 1.31 (1.25–1.38)
Rapsomaniki 2014	Unheralded coronary heart disease death	DBPเพิ่มทุก ๆ 10 มม.ปรอท; 30–59 y	aHR 1.39 (1.24–1.56)
Rapsomaniki 2014	Heart failure	DBPเพิ่มทุก ๆ 10 มม.ปรอท; 30–59 y	aHR 1.62 (1.47–1.78)
Rapsomaniki 2014	Cardiac arrest/sudden cardiac death	DBPเพิ่มทุก ๆ 10 มม.ปรอท; 30–59 y	aHR 1.25 (1.12–1.40)
Rapsomaniki 2014	Transient ischemic attack	DBPเพิ่มทุก ๆ 10 มม.ปรอท; 30–59 y	aHR 1.24 (1.15–1.34)
Rapsomaniki 2014	Ischemic stroke	DBPเพิ่มทุก ๆ 10 มม.ปรอท; 30–59 y	aHR 1.42 (1.27–1.59)
Rapsomaniki 2014	Subarachnoid hemorrhage	DBPเพิ่มทุก ๆ 10 มม.ปรอท; 30–59 y	aHR 1.55 (1.34–1.79)
Rapsomaniki 2014	Intracerebral hemorrhage	DBPเพิ่มทุก ๆ 10 มม.ปรอท; 30–59 y	aHR 1.80 (1.54–2.11)
Rapsomaniki 2014	Peripheral arterial disease	DBPเพิ่มทุก ๆ 10 มม.ปรอท; 30–59 y	aHR 1.13 (1.06–1.21)
Rapsomaniki 2014	Abdominal aortic aneurysm	DBPเพิ่มทุก ๆ 10 มม.ปรอท; 30–59 y	aHR 1.41 (1.16–1.71)

คำสถิติ: aHR, adjusted Hazard Risk ค่าอัตราเสี่ยงหลังจากปรับอิทธิพลของปัจจัยเสี่ยงร่วม

4) การคุมความดันโลหิตที่ไม่ได้ตามเกณฑ์เป้าหมาย เป็นปัจจัยหนึ่งของการเกิดอุบัติการณ์และเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงวัยทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยมีการศึกษาเรื่องอุบัติการณ์โรคหัวใจหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงที่รับประทานยาลดความดันโลหิตและไม่รับประทานยาในชาวญี่ปุ่นพบว่าภาวะเสี่ยงต่อการเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจหลอดเลือด ในผู้ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงที่รับประทานยาลดความดันโลหิตสูงสูงกว่าผู้ที่ไม่รับประทานยาลดความดันโลหิตเนื่องจากภาวะความดันโลหิตสูงไม่เป็นไปตามเกณฑ์การรักษาโดยมีค่าตั้งแต่ 1 เท่า (aHR 1.04, 95% CI 0.46–2.36) ในภาวะหัวใจล้มเหลวถึง 2 เท่า (aHR 2.17, 95% CI 1.14–4.12) ในโรคหลอดเลือดหัวใจ¹⁾ และมีงานวิจัยที่ศึกษาในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงวัยผู้ใหญ่ชาวอเมริกา⁽¹⁴⁾ ซึ่งเข้าร่วมในโครงการวิจัย The Third National Health and Nutrition Examination Survey (1988-1994) เพื่อศึกษาอัตราการเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือด โดยใช้มาตรฐานซึ่งระบุใน The Eighth- Joint National Committee (JNC 8) guidelines พบว่าค่าทางสถิติที่มีนัยยะสำคัญทางสถิติที่แตกต่างกันระหว่างผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาโรคความดันโลหิตสูงแต่ไม่สามารถควบคุมได้และผู้ป่วยที่ไม่เข้ารับการรักษาโรคความดันโลหิตสูง ซึ่งจากการศึกษาพบว่าผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาโรคความดันโลหิตสูงแต่ไม่สามารถควบคุมได้ มีความเสี่ยงของการเสียชีวิตจากทุกสาเหตุคิดเป็น 1.62 เท่า (aHR=1.62, 95%CI=1.35-1.95) ความเสี่ยงของการเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือด คิดเป็น 2.23 เท่า (aHR=2.23, 95%CI=1.66-2.99) ความเสี่ยงของการเสียชีวิตจากโรคหัวใจ 2.19 เท่า (aHR=2.19, 95%CI=1.57–3.05) และความเสี่ยงของการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมอง คิดเป็น 3.01 เท่า (aHR=3.01, 95%CI=1.91–4.73) เมื่อเทียบกับผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาโรคความดันโลหิตสูงและสามารถควบคุมได้ ส่วนผู้ป่วยที่ไม่เข้ารับการรักษาโรคความดันโลหิตสูงมีความเสี่ยงของการเสียชีวิตจากทุกสาเหตุคิดเป็น 1.40 เท่า (aHR = 1.40, 95%CI 1.21–1.62) ความเสี่ยงของการเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือด คิดเป็น 1.77 เท่า (aHR = 1.77, 95%CI = 1.34–2.35) ความเสี่ยงของการเสียชีวิตจากโรคหัวใจ 1.69 เท่า (aHR=1.69, 95%CI=1.23–2.32) และความเสี่ยงของการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมอง คิดเป็น 2.53 เท่า (aHR=2.53, 95%CI=1.52–4.23) เมื่อเทียบกับผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาโรคความดันโลหิตสูง จากการศึกษาดังกล่าวการคุมความดันโลหิตไม่ได้ตามเกณฑ์เป้าหมายเป็นปัจจัยเสี่ยงหนึ่งของการเกิดอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลอดเลือดในผู้ป่วยที่มีภาวะความดันโลหิตสูงและอุบัติการณ์การเกิดโรคหัวใจหลอดเลือดเพิ่มขึ้นตามระดับของภาวะความดันโลหิตสูงที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4 การคุมความดันโลหิตที่ไม่ได้ตามเกณฑ์เป้าหมายกับความเสี่ยงโรคหัวใจหลอดเลือด

ที่มา (ชื่อแรก, ปี)	ผลลัพธ์	ปัจจัยเสี่ยง	สถิติวิเคราะห์และผล
Asayama 2014	CVD	Treated Patients Compared with Untreated Participants; <60 y	aHR 1.66 (1.23–2.23)
Asayama 2014	CHD	Treated Patients Compared with Untreated Participants; <60 y	aHR 2.17 (1.14–4.12)
Asayama 2014	HF	Treated Patients Compared with Untreated Participants; <60 y	aHR 1.04 (0.46–2.36)
Asayama 2014	Stroke	Treated Patients Compared with Untreated Participants; <60 y	aHR 1.46 (0.95–2.25)
Zhou 2018	All-causes	Treated & controlled	aHR 1.16 (0.95–1.42)
Zhou 2018	All-causes	Treated & Uncontrolled	aHR 1.62 (1.35–1.95)
Zhou 2018	All-causes	Untreated	aHR 1.40 (1.21–1.62)

ที่มา (ชื่อแรก, ปี)	ผลลัพธ์	ปัจจัยเสี่ยง	สถิติวิเคราะห์และผล
Zhou 2018	CVD	Treated & controlled	aHR 1.12 (0.76–1.63)
Zhou 2018	CVD	Treated & Uncontrolled	aHR 2.23 (1.66–2.99)
Zhou 2018	CVD	Untreated	aHR 1.77 (1.34–2.35)
Zhou 2018	Heart disease	Treated & controlled	aHR 1.09 (0.71–1.67)
Zhou 2018	Heart disease	Treated & Uncontrolled	aHR 2.19 (1.57–3.05)
Zhou 2018	Heart disease	Untreated	aHR 1.69 (1.23–2.32)
Zhou 2018	Cerebrovascular diseases	Treated & controlled	aHR 1.24 (0.55–2.81)
Zhou 2018	Cerebrovascular diseases	Treated & Uncontrolled	aHR 3.01 (1.91–4.73)
Zhou 2018	Cerebrovascular diseases	Untreated	aHR 2.53 (1.52–4.23)

คำสถิติ: aHR, adjusted Hazard Risk ค่าอัตราเสี่ยงหลังจากปรับอิทธิพลของปัจจัยเสี่ยงร่วม;

กลุ่มโรค: CVD, cardiovascular disease โรคหัวใจหลอดเลือดทุกชนิด

สรุปผลการวิจัย

จากการทบทวนการศึกษาที่เกี่ยวข้องพบว่าความดันโลหิตสูงเป็นหนึ่งในปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจหลอดเลือด ซึ่งมีการศึกษาวิจัยที่ระบุให้เห็นว่าอุบัติการณ์โรคหัวใจหลอดเลือดเพิ่มขึ้นตามค่าความดันโลหิต และเพิ่มขึ้นตามชนิด จำนวน ความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยงร่วมหลายชนิด เช่น อายุ เพศ เส้นรอบเอว เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาทบทวนวรรณกรรมเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันโลหิตสูงและการเกิดโรคหัวใจหลอดเลือดในวัยทำงาน จึงมีความสำคัญในด้านการนำความรู้ที่ได้จากการทบทวนมาใช้ในการดูแลสุขภาพพยาบาลผู้ป่วยความดันโลหิตสูงวัยทำงานที่มุ่งเน้นการป้องกันและลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจหลอดเลือด โดยการควบคุมความดันโลหิตให้ได้ตามเกณฑ์เป้าหมาย ควบคู่กับจัดการควบคุมปัจจัยเสี่ยงอื่น รวมถึงการประเมินระดับความเสี่ยง และปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงของการเกิดอุบัติการณ์โรคหัวใจหลอดเลือดโดยใช้เครื่องมือประเมินความเสี่ยงที่มีประสิทธิภาพ มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือนับเป็นกระบวนการสำคัญในการวางแผนการดูแลสุขภาพ เพื่อให้คัดกรองประเมินความเสี่ยงในคนไทยเป็นแนวทางในการจำแนกกลุ่มผู้ป่วย และวางแผนการดูแลสุขภาพหรือการป้องกันให้สอดคล้องกับระดับความเสี่ยง ตลอดจนติดตามผู้ป่วยตามระดับความเสี่ยงของผู้ป่วยแต่ละราย พร้อมประเมินความสามารถในการดูแลตนเองซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลในการป้องกันและชะลอการเกิดโรคหัวใจหลอดเลือด ซึ่งการดูแลตนเองถือเป็นส่วนหนึ่งของการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงวัยทำงาน ซึ่งบทบาทที่สำคัญของพยาบาลคือการประเมิน

ความสามารถในการดูแลตนเองของผู้ป่วย เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแรงจูงใจ ให้ความรู้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ป่วย ปฏิบัติการดูแลตนเองเพิ่มมากขึ้น ลดความดันโลหิต ป้องกัน และลดความเสี่ยง รวมถึงชะลอการเกิดโรคหัวใจหลอดเลือดต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1]Asayama, K., Satoh, M., Murakami, Y., Ohkubo, T., Nagasawa, S.-y., Tsuji, I., . . . Okamura, T. (2014). Cardiovascular Risk With and Without Antihypertensive Drug Treatment in the Japanese General Population Participant-Level Meta-Analysis. *ahajournal*, 1189-1197.
- [2]Asia Pacific Cohort Studies Collaboration. (2003). Blood Pressure Indices and Cardiovascular Disease in the Asia Pacific Region A Pooled Analysis. *ahajournal*, 69-75.
- [3]Franklin, S., Larson, M., Khan, S., Wong, N., Leip, E., Kannel, W., & Levy, D. (2000). Does the Relation of Blood Pressure to Coronary Heart Disease Risk Change With Aging? The Framingham Heart Study. *ahajournals*, 1245-1249.
- [4]Gerber, Y., Rana, J., Jacobs Jr, D., Yano, Y., Levine, D., Nguyen-Huynh , M., . . . Sidney, S. (2021). Blood Pressure Levels in Young Adulthood and Midlife Stroke Incidence in a Diverse Cohort. *Hypertension*, 1683-1693.
- [5]Kaneko, H., Itoh, H., Yotsumoto, H., Kiriya, H., Kamon, T., Fujii, K., . . . Komuro, I. (2020). Association of Isolated Diastolic Hypertension Based on the Cutoff Value in the 2017 American College of Cardiology/American Heart Association Blood Pressure Guidelines With Subsequent Cardiovascular Events in the General Population. *Journal of the American Heart Association*, 1-14.
- [6]Luo, D., Cheng, Y., Zhang, H., Ba, M., Chen, P., Li, H., . . . Chen, H. (2020). Association between high blood pressure and long term cardiovascular and meta-analysis. *the bmj*, 1-16.
- [7]Mensah, G., Roth, G., & Fuster, V. (2019). The Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors 2020 and Beyond. *JOURNAL OF THE AMERICAN COLLEGE OF CARDIOLOGY*, 2529-2532.
- [8]Rapsomaniki, E., Timmis, A., George, J., Pujades-Rodriguez, M., Shah, A. D., Denaxas, S., . . . Hemingway, H. (2014). Blood pressure and incidence of twelve cardiovascular diseases: lifetime risks, healthy life-years lost, and age-specific associations in 1.25 million people. *TheLancet*, 1899-1911.
- [9]Seryan, A., Martin, M., Hamimatunnisa, J., Annette, P., Margit, H., & Karl-Heinz, L. (2021). Cardiovascular mortality risk in young adults with isolated systolic hypertension: findings from population-based MONICA/KORA cohort study. *Journal of Human Hypertension*, 1-7.

- [10]Singh, G. M., Danaei, G., Farzadfar, F., Stevens, G. A., Woodward, M., Wormser, D., . . . Ali, M. K. (2013). The Age-Specific Quantitative Effects of Metabolic Risk Factors on Cardiovascular Diseases and Diabetes: A Pooled Analysis. *PLoS ONE*, 65174-65184.
- [11]Vaughan, A., Coronado, F., Casper, M., Loustalot, F., & Wright, J. (2022). County-Level Trends in Hypertension Related Cardiovascular Disease Mortality United States,2000 to 2019. *Journal of the American Heart Association*, 1-15.
- [12]World Health Organization. (2021, June 11). Retrieved from Cardiovascular diseases (CVDs): [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- [13]Zhou, B., Perel, P., Mensah, G., & Ezzat, M. (2021). Global epidemiology, health burden and effective interventions for elevated blood pressure and hypertension. *Cardiology*, 785-802.
- [14]Zhou, D., Xi, B., Zhao, M., Wang, L., & Veeranki, S. (2018). Uncontrolled hypertension increases risk of all-cause and cardiovascular disease mortality in US adults: the NHANES III Linked Mortality Study. *Scientific Reports*, 1-7.
- [15]กมลทิพย์, ว., & สัญชัย, ช. (2559). การศึกษาสถานการณ์การเสียชีวิตก่อนวัยอันควรของประเทศไทย. *กรมควบคุมโรคติดต่อ*, 1-4.
- [16]กองโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2564). *รายงานประจำปี พ.ศ. 2564*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ อักษรกราฟิกแอนด์ดีไซน์.

พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานแผนกเลื่อยไม้ในโรงงานไม้

เบญจวรรณ อินจันทร์¹ พัชราวดี ทองชู² สุภาพร เมฆสวีย์³ โสมศิริ เดชวรัตน์^{4*}

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับพฤติกรรมพนักงานแผนกเลื่อยไม้ในโรงงานไม้ อำเภอรัญญา จังหวัดตรัง เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลคือแบบสอบถามโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ 1) ข้อมูลส่วนบุคคล 2) ข้อมูลด้านพฤติกรรมความปลอดภัย ทำการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นพนักงานแผนกเลื่อยไม้ในโรงงานไม้ จำนวน 40 คน สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ สถิติ Chi - Square Test ผลศึกษาพบว่า พนักงานส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 19-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 55 เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 67.5 และมีการศึกษาระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 52 ผลการศึกษาระดับพฤติกรรมแบ่งตามปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า ปัจจัยที่มีระดับคะแนนพฤติกรรมต่างกัน ได้แก่ เพศ พบว่าเพศหญิงมีระดับคะแนนพฤติกรรมความปลอดภัยสูงกว่าเพศชาย สถานภาพโสดจะมีระดับคะแนนพฤติกรรมความปลอดภัยสูงพนักงานที่มีสถานภาพสมรส หม้าย/อยู่ร้าง/แยกกันอยู่ และอายุงานที่ทำในโรงงาน พบว่า อายุงาน 6-10 ปีมีระดับคะแนนพฤติกรรมความปลอดภัยสูง กว่าพนักงานที่มีอายุงาน 1-5 ปี และ > 10 ปี

คำสำคัญ: โรงงานไม้, พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน, ความปลอดภัย, พฤติกรรมการทำงาน

^{1,2} นิสิตหลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง

³ อาจารย์, สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง

⁴ รองศาสตราจารย์, สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง

^{1,2} Student in Occupational Health and Safety Program Faculty of Health and Sports Science Thaksin University Phatthalung Campus

³ Lecture, Occupational Health and Safety Program Faculty of Health and Sports Science Thaksin University Phatthalung Campus

⁴ Assoc. Prof. Dr., Occupational Health and Safety Program Faculty of Health and Sports Science Thaksin University Phatthalung Campus

* Corresponding Author: E-mail: somsiri@tsu.ac.th, Tel: 099-3646660

Work safety behavior of sawing wood department Employees in a wood factory

Benjawan Injan¹ Patcharawadee Thongchu² Supaporn Meksawi³ Somsiri Decharat^{4*}

Abstract

The objective is to study the behavior level of employees of sawing department in wood factories, Ratsada District, Trang Province. The tool used to collect data is questionnaires, which are divided into 2 parts: 1) personal data, and 2) safety behavior information. Purposive sampling and obtain a sample of employees who are sawing wood in a wood factory. The statistics used to analyze the data were average, standard deviation, and Chi-Square. The study found that the majority of employees were between the ages of 19-30 (55%), males (67.5%) and had primary education. The results of the study of behavior levels divided by personal factors found that factors with different behavioral scores, such as gender, found that females had higher safety behavior scores than males. Single status has a high safety behavior score for employees with marital status, widowed/do not desert/separated, and years of work in factories. It was found that the working age was 6-10. Years higher safety behavior scores than employees with 1-5 years of service and >10 years.

Keywords: Wood factory, Safety behavior in the workplace, Safety behavior

บทนำ

กฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535s กำหนดประเภทโรงงานหลัก 107 ประเภท โดยโรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับไม้ จะอยู่ในประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่ 34 โรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพารา ซึ่งมีความสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ เพราะมีการนำไม้ยางพารามาประกอบธุรกิจในการแปรรูปไม้ อย่างเช่น เฟอร์นิเจอร์ ของเล่นเด็ก หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ รวมทั้งการส่งออกไปยังต่างประเทศ ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราในประเทศไทยในปัจจุบัน มีการแข่งขันและขยายตัวเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้มีการเพิ่มจำนวนคนงานตามไปด้วย ในขั้นตอนกระบวนการผลิตมีการใช้เครื่องจักรเพิ่มขึ้น ทำให้พนักงานต้องทำงาน กับเครื่องจักรมากขึ้นเช่นเดียวกัน จึงมีความจำเป็นที่พนักงานจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน (ชนิสรา สังขะศรี และคณะ, 2560) เพราะถ้าหากพนักงานทำงานโดยขาดความรู้และความตระหนักในเรื่องความปลอดภัยจะส่งผลให้พนักงานได้รับอันตรายจากการทำงานและเกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน เช่น การบาดเจ็บอาการผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อโครงร่าง (จามรี สอนบุตร และคณะ, 2564; โชเพีย มะแซ และคณะ, 2563) และอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของพนักงานในที่สุด (ชาลิตา พรหมมาตร์และคณะ, 2566) จากการศึกษาข้อมูลสถิติจำนวนของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้มีจำนวน 144 โรงงาน และจำนวนพนักงาน 2940 คน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2564) และพบว่าสถิติการเกิดอุบัติเหตุเกี่ยวกับเครื่องจักรจำนวน 4 ครั้ง จากข้อมูลของกองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยโรงงาน (2564) พบว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากหลายปัจจัย เช่น ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านลักษณะงาน ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมการทำงาน พนักงานจึงจำเป็นที่จะต้องมีความตระหนักเรื่องความปลอดภัยและมีพฤติกรรมในการทำงานที่ดี เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุที่ร้ายแรง ดังนั้น การศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานแผนกเลื่อยไม้ในโรงงานไม้ อำเภอรังษภา จังหวัดตรัง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับพฤติกรรมความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาและเสนอแนะแนวทางในการจัดระบบความปลอดภัยให้ดียิ่งขึ้น

ระเบียบวิธีการวิจัย

รูปแบบการวิจัย การวิจัยเชิงสำรวจ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ พนักงานแผนกเลื่อยไม้ในโรงงานไม้ อำเภอรังษภา จังหวัดตรัง จำนวน 40 คน

กลุ่มตัวอย่าง ในการศึกษาครั้งนี้สุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) มีจำนวนทั้งสิ้น 36 คน โดยใช้สูตรคำนวณในการคำนวณหาจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ในกรณีที่ทราบจำนวนประชากรแต่ประชากรไม่มากเกณฑ์การคัดเลือกตัวอย่าง แต่เนื่องจากจำนวนประชากรมีน้อย จึงต้องใช้กลุ่มตัวอย่างจากจำนวนของประชากรทั้งหมดเพื่อทำแบบสอบถาม

เกณฑ์คัดเลือก

1. ต้องเป็นพนักงานแผนกเลื่อยไม้ในโรงงานไม้ อำเภอรังษภา จังหวัดตรัง
2. มีระยะเวลาในการทำงานไม่น้อยกว่า 6 เดือน

3. มีความประสงค์เข้าร่วมการวิจัย
4. เป็นผู้ที่มีสติสัมปชัญญะสมบูรณ์ สามารถฟังและอ่านออกเขียนได้

เกณฑ์คัดออก

1. ผู้ที่ไม่ประสงค์เข้าร่วมการวิจัย
2. ผู้ที่ไม่สามารถอ่านเขียนภาษาไทยได้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบสอบถาม (Questionnaire) ได้ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลของแบบสอบถาม โดยการประยุกต์แบบสอบถามจากงานวิจัย พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงาน จำแนกเป็น 4 ส่วน ดังนี้ 1) แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ สัญชาติ ระดับการศึกษา สถานภาพ อายุงานที่ทำงานในบริษัท ในบริษัทมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ จำนวน 6 ข้อ 2) แบบสอบถามปัจจัยด้านลักษณะงาน ได้แก่ ความสำเร็จในงาน ความรับผิดชอบ และความก้าวหน้า มีจำนวน 12 ข้อ 3) แบบสอบถามปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน ได้แก่ ด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ด้านสถานที่ทำงาน และด้านสังคม แบบสอบถามให้เลือกตอบ มีจำนวน 12 ข้อ และ 4) แบบสอบถามพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน ได้แก่ ด้านการปฏิบัติงานของพนักงาน และการใช้เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ มีลักษณะเป็นแบบสอบถามให้เลือกตอบมีจำนวน 11 ข้อ

การแปลผลแบบสอบถาม

ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับตามแนวคิดของลิเคิร์ท (Likert) ได้แก่ 5 = มากที่สุด, 4 = มาก, 3 = ปานกลาง, 2 = น้อย, 1 = น้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลผลค่าคะแนนเฉลี่ยเกี่ยวกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงาน (Kadsing, V, 1995) มีความหมาย ดังนี้ ค่าเฉลี่ย 4.21 -5.00 หมายความว่า ระดับพฤติกรรมมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.41 -4.20 หมายความว่า ระดับพฤติกรรมมาก ค่าเฉลี่ย 2.61 -3.40 หมายความว่า ระดับพฤติกรรมปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.81 -2.60 หมายความว่า ระดับพฤติกรรมน้อย ค่าเฉลี่ย 1.00 -1.80 หมายความว่า ระดับพฤติกรรมน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ ใช้สถิติ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ ผ่านการรับรองให้ดำเนินการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ รหัสโครงการ 169/65

ผลการวิจัย

ผลการศึกษา พนักงานแผนกเสื้อผ้าไม่ในโรงงานไม้ อำเภอรัญญา จังหวัดตรัง ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 27 คน (ร้อยละ 67.5) มีอายุมากที่สุดระหว่าง 19-30 ปี (ร้อยละ 55) มีสัญชาติไทย (ร้อยละ 100) มีสถานภาพ สมรส จำนวน 30 คน (ร้อยละ 75) มีระดับประถมศึกษา จำนวน 21 คน (ร้อยละ 52.5) มีอายุการทำงานระหว่าง 1-5 ปี จำนวน 36 คน (ร้อยละ 90) ตามลำดับ

ผลการศึกษาระดับพฤติกรรมแบ่งตามปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า ปัจจัยที่มีระดับคะแนนพฤติกรรมต่างกัน ได้แก่ เพศ พบว่าเพศหญิงมีระดับคะแนนพฤติกรรมความปลอดภัยสูงกว่าเพศชาย สถานภาพโสดจะมีระดับคะแนนพฤติกรรมความปลอดภัยสูงพนักงานที่มีสถานภาพสมรส หม้าย/หย่าร้าง/แยกกันอยู่ และอายุงานที่ทำในโรงงาน พบว่า อายุงาน6-10 ปีมีระดับคะแนนพฤติกรรมความปลอดภัยสูง กว่าพนักงานที่มีอายุงาน 1-5 ปี และ > 10 ปี (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ระดับพฤติกรรมความปลอดภัยแบ่งตามปัจจัยส่วนบุคคล (n=40 คน)

ตัวแปร	จำนวน	ร้อยละ	ระดับพฤติกรรมความปลอดภัย		แปลผล
			Mean	S.D.	
เพศ					
ชาย	27	67.5	1.26	0.440	น้อย
หญิง	13	32.5	3.43	0.350	มาก
อายุ					
19-30 ปี	22	55	2.69	0.837	ปานกลาง
31-40 ปี	8	20	2.61	0.821	ปานกลาง
> 41 ปี	10	25	2.63	0.822	ปานกลาง
สถานภาพ					
โสด	8	20	3.42	0.437	มาก
สมรส	28	70	1.85	0.321	น้อย
หม้าย/หย่าร้าง/ แยกกันอยู่	4	10	1.87	0.332	น้อย
ระดับการศึกษา					
ประถมศึกษา	21	52.5	2.14	1.732	น้อย
มัธยมศึกษาตอนต้น หรือเทียบเท่า	7	17.5	2.09	1.25	น้อย
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	5	12.5	2.13	1.032	น้อย
ปวส./อนุปริญญา	1	2.5	2.15	1.041	น้อย
ปริญญาตรี	6	15	2.58	1.35	น้อย
อายุงานที่ทำในโรงงาน					
1-5 ปี	36	90	2.08	0.277	น้อย
6-10 ปี	3	7.5	2.51	0.210	มาก
>10ปี	1	2.5	2.01	0.185	น้อย
ภาพรวม			2.30	0.7148	น้อย

อภิปรายผล

การศึกษาระดับพฤติกรรมความปลอดภัยของพนักงานแผนกเสื้อผ้าในโรงงานไม้ อำเภอรัญญา จังหวัดตรัง โดยภาพรวมอยู่ในระดับน้อย เนื่องจากพนักงานแม้จะมีระดับการปฏิบัติในแต่งกายและสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล แต่ในบางเวลาเกิดการถอด หรือไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลแม้การทำงานยังไม่เสร็จสิ้น ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยส่วนบุคคลได้แก่ เพศ อายุ อายุงาน มีระดับคะแนนพฤติกรรมความปลอดภัยต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของอุดม สิ้นศรีพิมพ์ (2564) ที่รายงานว่าเพศ อายุ อายุงานของพนักงานมีระดับคะแนนพฤติกรรมความปลอดภัยต่างกันและปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อพฤติกรรมความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของพนักงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 นอกจากนี้ผลการศึกษาพบว่า ในบางครั้งพนักงานมีการใช้เครื่องมือทำงานลัดขั้นตอน เช่น การเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ต่างๆ เนื่องจากมีความมั่นใจในประสบการณ์ของตนเองในการทำงานมานาน ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวอาจนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุได้ (ชนิสรา สังฆะศรีและคณะ, 2560) อย่างไรก็ตาม พบว่ามีการตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือ เครื่องจักร หรืออุปกรณ์ซ้ำๆ จะรายงานผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบทันที

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระดับพฤติกรรมความปลอดภัยของพนักงานแผนกเสื้อผ้าในโรงงานไม้ อำเภอรัญญา จังหวัดตรัง โดยภาพรวมอยู่ในระดับน้อย ดังนั้นการให้ความรู้ด้านพฤติกรรมความปลอดภัยจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่สถานประกอบการจะต้องดำเนินการจัดทำให้พนักงานตระหนักถึงความปลอดภัยและมีพฤติกรรมที่ดีในการทำงาน

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีจากความกรุณาอย่างยิ่งของ รศ.ดร.โสมศิริ เดชารัตน์ กรรมการที่ปรึกษา และอาจารย์ ดร. วันเพ็ญ ทองสุข ที่ปรึกษาร่วมที่สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำรวมทั้งแก้ไขข้อบกพร่องจนวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2564). สถิติโรงงานอุตสาหกรรม. สืบค้น 21 มกราคม 2566, จาก <https://www.diw.go.th/webdiw/static-fac/>.
2. กองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยโรงงาน. (2564). ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุ ปี 2564 . สืบค้น 21 มกราคม 2566, จาก <http://reg3.diw.go.th/safety>
3. จามรี สอนบุตร, อุไรวรรณ ศิริธรรมพันธ์ และ อับดุลบาชีส ยาโงะ. (2564). ความชุกและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอาการผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อโครงร่างในพนักงานโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา จังหวัดยะลา. วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและวิทยาลัยการสาธารณสุขภาคใต้. 8(3): 85-98.
4. ซาลิตา พรหมมาตร์ จิราพัชร พลอยนิลเพชร และเบญจทิรา รัชตพันธนากร. (2563). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพชีวิต

ในการทำงานของพนักงานโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราในจังหวัดสงขลา.วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. 1(1): 13-24.

5. ชนิสร่า สังฆะศรี ชญานนท์ พิมพบุตร นิธิ ปรังสร่า และภคิน ไชยช่วย (2560). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้กับ พฤติกรรมการทำงานที่ปลอดภัยของคนงานทำเฟอร์นิเจอร์ไม้ ตำบลโนนก่อ อำเภอสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี.

สืบค้น 21 มกราคม 2566, จาก <http://jrihs.rtu.ac.th> > uploads > file_content

6. โขเพี้ย มะแซ อัญชลี พงศ์เกษตร ชมพูนุช สุภาพวานิช จามรี สอนบุตร และมะการิม ดารามะ (2563). พฤติกรรมการ ป้องกันตนเองจากฝุ่นของคนงานในโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา อำเภอ นาทวี จังหวัด สงขลา.สืบค้น 21 มกราคม 2566, จาก <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/tjph/article/download/244576>

7. อุดม สิ้นศรีพิมพ์. (2564). การศึกษาพฤติกรรมความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของพนักงานฝ่ายปฏิบัติการ บริษัท วนชัย เคมีคอล อินดัสทรีส์ จำกัด.วิทยาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม) คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

8. Kadsing, V.(1995). Average with interpretation; News, research, education.

ความชุกและความสัมพันธ์ของภาวะน้ำตาลในเลือดสูงกับผลลัพธ์ที่เลวลงของ ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน

กัญญาพัชร ศรีสุชาติ^{1*} อรทัย นนทเกท² เจนเนตร พลเพชร³

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงบรรยายนี้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของภาวะน้ำตาลในเลือดสูงกับผลลัพธ์ที่เลวลงของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน ตามกรอบแนวคิดความรู้ทางชีววิทยาการแพทย์ (Biomedical-based model) ร่วมกับแนวคิดความต้องการดูแลที่ซับซ้อน (Complexcare need) โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิกลุ่มตัวอย่าง 3,159 ราย จากโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาคุณภาพและผลลัพธ์การรักษาพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง” โรงพยาบาลหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ในปี 2562 ที่ศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม 2554 จนถึง กุมภาพันธ์ 2559 เก็บข้อมูลโดยใช้แบบประเมินความทุพพลภาพของการเจ็บป่วยด้วย Modified Rankin Scale (mRS) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Chi-Square และ Logistic regression statistic ค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับความเสี่ยงต่อความพิการรุนแรงหลังเกิดโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลันร้อยละ 6 (95%CI:0.17-0.78) และมีโอกาสเสี่ยงต่อการเสียชีวิตเพิ่มขึ้นเป็น 1 เท่า (95% CI: 0.43-0.98)

ข้อเสนอแนะ ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลันที่มีระดับน้ำตาลในเลือดสูง มีความเสี่ยงต่อการเกิด ความรุนแรงของโรคและเสียชีวิตเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในผู้สูงอายุที่เป็นเพศชาย ที่มีโรคประจำตัวเป็นโรคความดันโลหิตสูง และโรคไขมันในเลือดสูง พยาบาลควรวางแผนการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองอย่างต่อเนื่องเพื่อป้องกันความรุนแรงและผลลัพธ์ที่ไม่พึงประสงค์

คำสำคัญ: โรคหลอดเลือดสมอง, ภาวะน้ำตาลในเลือดสูง, ผลลัพธ์ที่เลวลง

¹ นศ., หลักสูตรพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 80160

² ผศ.ดร., หลักสูตรพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 80160

³ ผศ.ดร., หลักสูตรพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 80160

¹ MSN (candidate), Master of Nursing Science in Adult and Gerontological Nursing, School of Nursing, Walailak University, 80160

² Asist. Dr., Master of Nursing Science in Adult and Gerontological Nursing, School of Nursing, Walailak University, 80160

³ Asist. Dr., Master of Nursing Science in Adult and Gerontological Nursing, School of Nursing, Walailak University, 80160

* Corresponding author: Tel.: 089-971-9359 E-mail address: orratai@gmail.com

Hyperglycemia with Worse Outcomes of Acute Ischemic Stroke.

Kanyaphat Srisuchat^{1*} Orratai Nonthaphet² Chennet Phonphet³

Abstract

A descriptive study to investigate hyperglycemia and the worsening outcomes of acute ischemic stroke. The knowledge of biological medicine (biomedical-based model) concept and the complex care need concept were used. The secondary data of 3,159 patients who were as sample in the research project entitled. "Improving quality and medical care outcomes for stroke patients." in the year 2019, from October 2011 to February 2016, were selected according to the inclusion criteria. The Modified Rankin Scale (mRS), Chi-Square statistics, and a logistic regression statistic with 95 percent confidence were applied.

The results found that the risk of severe disability after acute ischemic stroke was 6% (95% CI: 0.17-0.78) and the risk of death was 1-fold (95% CI: 0.43-0.98)

Recommended from the finding, Patients with acute ischemic stroke with high blood sugar levels. There is an increased risk of disease severity and death. Especially in the elderly who are males. with congenital disease, high blood pressure and hyperlipidemia Nurses should plan ongoing care for stroke patients to prevent severity and adverse outcomes.

Keywords: Acute ischemic stroke, Hyperglycemia, Worse Outcomes

บทนำ

โรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) เป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญในทุกประเทศทั่วโลกและเป็นภาวะฉุกเฉินที่พบบ่อยในประเทศไทย ปัจจุบันพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ผลของการเจ็บป่วยด้วยโรคหลอดเลือดสมองทำให้เกิดความพิการและยังส่งผลให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรของโลก ทั้งด้านบุคคลและเศรษฐกิจอย่างมาก จากการศึกษาพบว่าระดับน้ำตาลในเลือดสูงส่งผลทำให้ภาวะสมองขาดเลือดเฉียบพลันและทำให้ผลการรักษาไม่ดีขึ้นตามไปด้วย และมีอัตราการตายเพิ่มขึ้นประมาณ 3 เท่าในผู้ป่วยที่ระดับน้ำตาลในเลือดปกติ การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดอย่างเข้มงวดให้ต่ำกว่า 140 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรจะช่วยลดอัตราการตายของผู้ป่วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาหาความสัมพันธ์ของภาวะน้ำตาลในเลือดสูงกับผลลัพธ์ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน เพื่อจะได้เป็นแนวทางในการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดต่อไป

วิธีดำเนินการ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงบรรยายศึกษาความสัมพันธ์เชิงการทำนาย โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่ผู้วิจัยได้รับอนุญาตจากหัวหน้าโครงการภายใต้แผนการวิจัยหลัก เรื่อง “โครงการพัฒนาคุณภาพ และผลลัพธ์การรักษายาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง” โรงพยาบาลหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือผู้ป่วยโรคสมองขาดเลือดเฉียบพลันที่มีบันทึกการมารักษาในระบบบันทึกข้อมูลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (Stroke registry) ของโรงพยาบาลหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2554 จนถึง กุมภาพันธ์ 2559 ผู้ป่วยทุกรายได้รับการวินิจฉัยโรคหลอดเลือดสมองจากอาการทางคลินิก ร่วมกับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองเมื่อมาถึงแผนกฉุกเฉิน และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านโรคหลอดเลือดสมองเป็นผู้วินิจฉัยยืนยันโรคอีกครั้งเมื่อผู้ป่วยมาถึงหอผู้ป่วยใน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาพบว่า ผู้ป่วย 3,159 ราย เป็นเพศชาย 1,888 คิดเป็นร้อยละ 59.8 เพศหญิง 1,271 ราย คิดเป็นร้อยละ 40.2 มีอายุเฉลี่ย 63 ปี มีโรคประจำตัวเป็นโรคความดันโลหิตมากที่สุด จำนวน 1,871 ราย รองลงมาโรคไขมันเลือดสูงและโรคเบาหวาน จำนวน 795 และ 766 ตามลำดับ และ 986 ราย มีภาวะน้ำตาลในเลือดสูง ระดับน้ำตาลในเลือดเฉลี่ย 142 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ผู้ป่วย 1,163 ราย จาก 3,159 ราย มีคะแนน mRS น้อยกว่า 2 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของกลุ่มตัวอย่างและปัจจัยเสี่ยง พบว่า เพศ อายุ ระดับน้ำตาลในเลือด และโรคไขมันในเลือดสูง มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน แต่ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลันที่มีโรคเบาหวานร่วม ไม่มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ที่ศึกษา

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละ และค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง จำแนก ตาม เพศ อายุ ระดับน้ำตาลในเลือด

	จำนวน	ร้อยละ	X̄	P
เพศ				0.000
ชาย	1888	59.8		
หญิง	1271	40.2		
อายุ			63	0.000
< 25 ปี	12	0.4		
25 – 45 ปี	325	10.3		
46 – 65 ปี	1375	43.5		
> 65 ปี	1447	45.8		
ระดับน้ำตาลในเลือด			142	0.046
< 140 mg%	2173	68.8		
140 – 150 mg%	207	6.6		
151 – 160 mg%	114	3.6		
161 – 170 mg%	95	3.0		
171 – 180 mg%	70	2.2		
181 – 190 mg%	61	1.9		
191 – 200 mg%	32	1.0		
> 200 mg%	407	12.9		
คะแนนความพิการ			2	
0 คะแนน	1011	32.0		
1 คะแนน	731	23.1		
2 คะแนน	341	10.8		
3 คะแนน	417	13.2		
4 คะแนน	351	11.1		
5 คะแนน	148	4.7		
6 คะแนน	159	5.0		
โรคร่วม				
ความดันโลหิตสูง				
มี	1871	59.2		0.244
ไม่มี	1288	40.8		
เบาหวาน				0.455
มี	766	24.2		
ไม่มี	2393	75.8		
ไขมันในเลือดสูง				0.003
มี	795	25.2		
ไม่มี	2364	74.8		

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของภาวะน้ำตาลในเลือดสูงกับผลลัพธ์ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน พบว่าภาวะน้ำตาลในเลือดสูงมีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value < .05) ผลลัพธ์ของการประเมินความบกพร่องทางระบบประสาทโดยใช้แบบประเมินความพิการ (mRs) โดยในกลุ่มผู้ป่วยที่ไม่มีอาการหลังเกิดโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน ระดับน้ำตาลในเลือดสูงมากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดความพิการเป็น 1.5 เท่า (95% CI:1.16 -1.87) ในกลุ่มผู้ป่วยที่ไม่มีอาการหลังเกิดโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดสูง 171-180 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดความพิการเพิ่มขึ้นเป็น 2.1 เท่า (95% CI:1.02-4.19) ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีความพิการเล็กน้อยหลังเกิดโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดสูง 151-160 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร มีโอกาสเสี่ยงต่อการกลับมาปฏิบัติกิจกรรมต่างๆได้ตามปกติลดลง ร้อยละ 4 (95%CI:0.35-0.98) ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีความพิการรุนแรงหลังเกิดโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดสูง 171-180 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร มีโอกาสเสี่ยงต่อการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆได้ตามปกติลดลง ร้อยละ 6 (95%CI:0.17-0.78) และในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการเสียชีวิตหลังเกิดโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดสูงมากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร มีโอกาสเสี่ยงต่อการเสียชีวิตเพิ่มขึ้นเป็น 1 เท่า (95% CI: 0.43-0.98)

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของภาวะน้ำตาลในเลือดสูงกับผลลัพธ์ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน

ระดับน้ำตาลในเลือด	คะแนนประเมินความทุพพลภาพ (mRs)						
	OR(95%CI) / p value						
	0คะแนน	1คะแนน	2คะแนน	3คะแนน	4คะแนน	5คะแนน	6คะแนน
140-150mg%	1.36(0.83-1.54)/0.41	0.99(0.71-1.39)/0.98	1.01(0.64-1.61)/0.93	1.01(0.66-1.54)/0.94	0.95(0.61-1.47)/0.82	0.78(0.42-1.44)/0.43	0.77(0.43-1.39)/0.39
151-160mg%	1.06(0.71-1.59)/0.77	1.34(0.83-2.17)/0.22	0.59(0.35-0.98)/0.04	0.92(0.54-1.59)/0.79	1.31(0.67-2.53)/0.41	1.07(0.43-2.67)/0.87	0.69(0.33-1.44)/0.32
161-170mg%	0.69(0.46-1.06)/0.09	1.50(0.87-2.59)/0.14	1.32(0.63-2.76)/0.45	0.87(0.49-1.56)/0.65	1.06(0.54-2.07)/0.85	4.73(0.65-34.22)/0.12	0.56(0.26-1.18)/0.13
171-180mg%	1.36(0.79-2.35)/0.25	2.06(1.02-4.18)/0.04	0.64(0.33-1.23)/0.18	1.03(0.50-2.09)/0.93	0.84(0.41-1.71)/0.63	0.36(0.17-0.78)/0.01	0.55(0.23-1.30)/0.17
181-190mg%	1.45(0.80-2.61)/0.21	0.84(0.47-1.50)/0.56	0.61(0.37-1.21)/0.15	1.40(0.60-3.27)/0.43	0.71(0.35-1.46)/0.36	1.46(0.35-6.03)/0.60	1.02(0.31-3.30)/0.96
190-200mg%	0.62(0.29-1.25)/0.15	1.07(0.46-2.49)/0.86	0.84(0.29-2.42)/0.75	1.47(0.44-4.86)/0.52	1.88(0.44-0.79)/0.38	1.53(0.20-11.28)/0.67	1.65(0.22-12.16)/0.62
>200mg%	1.47(1.16-1.87)/0.001	0.79(0.63-1.01)/0.06	0.82(0.59-1.13)/0.22	0.99(0.73-1.35)/0.96	0.92(0.67-1.28)/0.64	1.43(0.83-2.51)/0.20	1.00(0.42-0.98)/0.04

0 คะแนน คือ ไม่มีอาการ 1 คะแนน คือ ไม่มีความพิการ สามารถปฏิบัติหน้าที่และกิจกรรมต่างๆ ได้ตามปกติ 2 คะแนน คือ ความพิการ เล็กน้อย สามารถดูแลกิจกรรมของตนเองได้โดยไม่มีความช่วยเหลือ แต่ไม่สามารถดำเนินกิจกรรมก่อนหน้านี้ได้ ทั้งหมด 3 คะแนน คือ ความพิการปานกลาง ต้องการความช่วยเหลือบ้างแต่เดินได้โดยไม่มีคนช่วยเหลือ 4 คะแนน คือ ความพิการระดับรุนแรงปานกลาง ไม่สามารถสนองความต้องการทางร่างกายของตนเองได้ โดยไม่ได้รับความช่วยเหลือและไม่สามารถเดินโดยลำพังได้ และ 5 คะแนน คือ ความพิการขั้นรุนแรง ติดเตียง ต้องการการดูแลเอาใจใส่อย่างต่อเนื่อง 6 คะแนน คือ เสียชีวิต

ผลการศึกษาพบว่าระดับน้ำตาลในเลือดสูงเมื่อเข้ารับการรักษาหลังเกิดโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลัน (Acute Ischemic Stroke : AIS) มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ทางคลินิกที่ไม่พึงประสงค์^(1,2,3) พบในเพศชายมากกว่าเพศหญิงและพบในผู้สูงอายุเป็นส่วนใหญ่ สอดคล้องกับการศึกษาของ Bindawas ที่พบโรคหลอดเลือดสมองส่วนใหญ่ในผู้สูงอายุเช่นกัน⁽⁴⁾ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะเฉียบพลันมีผลลัพธ์ด้านการทำหน้าที่ของร่างกายบกพร่อง โดยวันที่กลับบ้านผู้ป่วยยังมีความพิการอยู่ พบร้อยละ 34 และค่าระดับน้ำตาลในเลือดที่มีผลต่อปริมาตรการขาดเลือดของเนื้อเยื่อสมองมากกว่า 140 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ที่เลวลงของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดระยะเฉียบพลัน^(5,6,7,8) ซึ่งสอดคล้องกับกลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้ พบค่าระดับน้ำตาลเฉลี่ย 142 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร มีความเสี่ยงต่อการเกิดความรุนแรงของโรค (95%CI:0.17-0.78) และเสียชีวิตเพิ่มขึ้น (95% CI: 0.43-0.98)

เนื่องจากระดับน้ำตาลในเลือดมีผลต่อการทำหน้าที่ของร่างกายในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองสัมพันธ์กับภาวะพิการและการเสียชีวิต การตระหนักและจัดการควบคุมให้ระดับน้ำตาลอยู่เกณฑ์ปกติ จะช่วยลดความรุนแรง และภาวะแทรกซ้อนในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลันได้

ผลลัพธ์ชี้ให้เห็นว่า ถ้าได้ศึกษาผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วย rtPA การทำนายการพยากรณ์โรคดีกว่าการตรวจระดับน้ำตาลในเลือดเพียงอย่างเดียว

สรุปผลการวิจัย

ระดับน้ำตาลในเลือดสูงมีผลทำให้ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือดเฉียบพลันมีความทุพพลภาพเพิ่มขึ้น ความรู้ที่เกิดขึ้นจากการวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการดูแลรักษาผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในระยะเฉียบพลัน ลดความรุนแรงของอาการและอาการแสดง ยับยั้งความก้าวหน้าของโรค ลดอัตราการตายจากความเจ็บป่วยและลดค่าใช้จ่ายจากการรักษาโรคหลอดเลือดสมอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ahmed N, Davalos A, Eriksson N, Ford GA, Glahn, J, Hennerici M, et al: Association of admission blood glucose and outcome in patients treated with intravenous thrombolysis. *Arch Neurol* 2010;67:1123–1130.
- [2] Alvarez-Sabin J, Molina CA, Montaner J, Arenillas JF, Huertas R, Ribo M, et al: Effects of admission hyperglycemia on stroke outcome in reperfused tissue plasminogen activator-treated patients. *Stroke* 2003;34:1235– 1240.
- [3] Demchuk, A. M., Tanne, D., Hill, M. D., Kasner, S. E., Hanson, S., Grond, M., & Levine, S. R. (2001). Predictors of good outcome after intravenous tPA for acute ischemic stroke. *Neurology*, 57(3), 474–480.
- [4] Bindawas, S. M., Vennu, V., Mawajdeh, H., & Alhaidary, H. (2017). Functional outcomes by age after inpatient stroke rehabilitation in Saudi Arabia. *Clin Interv Aging*, 12, 1791-1797.
- [5] Alvarez-Sabin, J., Molina, C. A., Montaner, J., Arenillas, J. F., Huertas, R., Ribo, M., ... Quintana, M. (2016). Effects of Admission Hyperglycemia on Stroke Outcome in Reperfused Tissue. *Stroke*, 35. 2393-2499.
- [6] Masrur, S., Cox, M., Bhatt, D. L., Smith, E. E., Ellrodt, G., Fonarow, G. C., & Schwamm, L. (2015). Association of Acute and Chronic Hyperglycemia With Acute Ischemic Stroke Outcomes Post-Thrombolysis: Findings From Get With The Guidelines-Stroke. *Journal of the American Heart Association*, 4(10).
- [7] Parsons MW, Barber PA, Desmond PM, Baird TA, Darby DG, Byrnes G, et al. (2002). Acute hyperglycemia adversely affects stroke outcome: a magnetic resonance imaging and spectroscopy study. *Ann Neurol*. 52, 8– 20.
- [8] Yong, M., & Kaste, M. (2008). Dynamic of Hyperglycemia as a Predictor of Stroke Outcome in the ECASS-II Trial. *Stroke*, 39(10), 2749-2755.

ความชุกของเมตาเซอร์คาเรียพยาธิใบไม้ลำไส้ขนาดเล็กในปูนาจากอำเภอบ้านดุงและ
อำเภอยะขาน จังหวัดอุดรธานี

นิภาวรรณ ตู ชุขซ์¹, กาญจนา โสภากุล และวันเพ็ญ ดวงตา

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจเมตาเซอร์คาเรียของพยาธิใบไม้ในปูนาจากจังหวัดอุดรธานี โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจาก 2 อำเภอ ได้แก่ อำเภอบ้านดุงและอำเภอยะขาน ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2564 ผลการศึกษาพบว่าปูนาตัวอย่างเป็นปู *Somanniathelphusa* sp. ซึ่งพบเมตาเซอร์คาเรียของพยาธิใบไม้ลำไส้ขนาดเล็ก *Microphalloides* spp. มีการติดเชื้อในปูนาจากทั้ง 2 อำเภอ จำนวน 85 ตัว จากปูนาทั้งหมด 191 ตัว คิดเป็นร้อยละความชุก 44.50 พบความชุกของปรสิตในปูนาเพศเมียมากกว่าปูนาเพศผู้ โดยมีร้อยละความชุก 53.26 และ 36.36 ตามลำดับ เมื่อคำนวณการติดเชื้อในปูนาที่มีขนาดแตกต่างกัน คือ 2.00-3.00, 3.01-4.00 และ 4.01-6.00 เซนติเมตร พบว่าร้อยละความชุกเท่ากับ 51.53, 30.76 และ 22.22 ตามลำดับ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาทางระบาดวิทยาของพยาธิใบไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งนำไปสู่การเฝ้าระวังการติดเชื้อพยาธิใบไม้จากการบริโภคอาหารที่มีปูน้ำจืดดิบหรือปรุงไม่สุก

คำสำคัญ: ปูนา, เมตาเซอร์คาเรีย, พยาธิใบไม้

¹ผศ.ดร., สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, อุดรธานี 41000

²นักศึกษาลัทธิสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, อุดรธานี 41000

³นักศึกษาลัทธิสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, อุดรธานี 41000

¹Assist. Prof. Dr., Department of Biology, Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani 41000

²Undergraduate student, Department of Biology, Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani 41000

³Undergraduate student, Department of Biology, Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani 41000

*Corresponding author: email: nipawan.la@udru.ac.th

Prevalence of Small Intestinal Fluke Metacercariae in Rice-field Crabs from Ban Dung District and Chai Wan District, Udon Thani Province

Nipawan du Souich*, Kanchana Sopakul and Wanpen Dungta

Abstract

The investigation of metacercariae in rice-filed crabs from Udon Thani province is the aim of our study. Rice-filed crabs were collected from two districts, including Ban Dung and Chai Wan, from May to October 2021. The rice-field crab samples were classified as *Somanniathelphusa* sp., and the metacercariae were *Microphalloides* spp. There were 85 infected crabs from a total of 191 crabs; therefore, the prevalence was 44.50. Moreover, the prevalence was calculated by gender. It shows higher numbers in female crabs than male crabs, with 53.26 and 36.36, respectively. The rice-filed crabs were categorized by size: 2.00–3.00 cm, 3.01–4.00 cm, and 4.01-6.00 cm. which shows the difference in infection prevalence at 51.53, 30.76, and 22.22. Our finding provides useful data about the epidemiology of trematodes in northeastern Thailand. The prevention of trematode transmission by consuming rice-filed crabs will be concerned.

Keywords: Rice-filed crabs, metacercariae, tremotodes

บทนำ

ปูน้ำจืดเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง จัดอยู่ในไฟลัม Arthropoda และซับไฟลัม Crustacea มีความสำคัญทางแพทยคืออยู่ในวงจรชีวิตของปรสิต เป็นโฮสต์กึ่งกลางของพยาธิใบไม้หลายชนิด เช่น พยาธิใบไม้ปอด (*Paragonimus spp.*) พยาธิใบไม้ลำไส้ขนาดเล็ก เป็นต้น ระยะติดต่อกของพยาธิที่อาศัยในปูน้ำจืดคือเมตาเซอร์คาเรีย (metacercariae) ซึ่งระยะนี้จะมีถุงหุ้มและตัวอ่อนพยาธิจะอยู่ภายใน เมตาเซอร์คาเรียจะติดต่อไปสู่โฮสต์เฉพาะได้แก่ มนุษย์หรือสัตว์เลี้ยง โดยการบริโภคปูน้ำจืดที่มีเมตาเซอร์คาเรียเข้าไป เช่น บริโภคปูน้ำจืดดิบ หรือปรุงไม่สุก เป็นต้น โดยตัวอ่อนพยาธิใบไม้ปอดจะออกจากถุงหุ้มที่บริเวณในลำไส้เล็ก แล้วผ่านผนังลำไส้เข้าสู่ช่องท้อง ผ่านกระบังลม เข้าสู่เนื้อปอด ตัวอ่อนเจริญเป็นตัวเต็มวัยอยู่ในซิสต์ (cyst) ที่เนื้อปอดของโฮสต์เฉพาะ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคพยาธิใบไม้ปอด (*Paragonimiasis*) ทำให้ผู้ป่วยมีอาการไอเรื้อรังและมีเลือดปนออกมากับเสมหะ มีอาการเจ็บหน้าอก หลอดลมอักเสบ ซึ่งอาการคล้ายวัณโรค มีรายงานพบเมตาเซอร์คาเรียของ *Paragonimus sp.* ในปูนา *Esantheiphusa sp.* ที่ได้จากทุ่งนาข้าวหมู่บ้านแฉมเจริญ อำเภอดงขุดม จังหวัดอุบลราชธานี (ณัฐพงศ์ วงษ์ชุ่ม และคณะ, 2561) สำหรับเมตาเซอร์คาเรียของพยาธิใบไม้ลำไส้ขนาดเล็กนั้น จะไปเจริญเป็นตัวเต็มวัยและอาศัยที่ลำไส้ของโฮสต์เฉพาะและเป็นเหตุให้มีอาการปวดท้อง คลื่นไส้ ท้องเสียได้ พยาธิใบไม้ลำไส้ขนาดเล็ก *Microphalloides spp.* อยู่ใน Subclass Digenea, Family Microphallidae (Olson, et. al. 2003) มีหลายชนิดได้แก่ *Microphalloides japonicas*, *Microphalloides australiensis*, *Microphalloides vajrasthiraе* ซึ่ง *M. vajrasthiraе* มีรายงานพบการติดเชื้อในแมวจากจังหวัดนครนายกประเทศไทย (Waikagul, 1983)

ปูนา (Rice-filled crab) เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับคนในท้องถิ่นและเป็นส่วนประกอบของอาหารอีสานหลายเมนู เช่น ส้มตำ น้ำพริก ขนมน้ำยา ปูนาจ่อม เป็นต้น ซึ่งนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย หากปูนามีเมตาเซอร์คาเรียของพยาธิใบไม้ จะทำให้ประชาชนมีความเสี่ยงในการติดพยาธิและเกิดปัญหาด้านสุขภาพ ส่งผลกระทบต่อหน่วยงานด้านสาธารณสุขและคุณภาพชีวิตของประชากร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีรายงานความชุกของพยาธิใบไม้ลำไส้ขนาดเล็ก *Microphalloides spp.* ในปูนา (*Somanniathelphusa sp.*) ในจังหวัดนครพนม พบความชุกรวม 50.46% จากปูนาทั้งหมด 434 ตัว โดยอำเภอเมืองมีความชุกสูงที่สุดคือ 87.09% และอำเภอโนนสวรรค์ มีความหนาแน่นของเมตาเซอร์คาเรียมากที่สุดคือ 200.38 เมตาเซอร์คาเรีย ต่อปู 1 ตัว (อติเทพชัยการณ ภาชนะวรรณ และคณะ, 2560)

จังหวัดอุดรธานีมีแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมที่มีชื่อเสียงคือคำชะโนด ซึ่งตั้งอยู่อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี นักท่องเที่ยวมาสักการะจากทั่วประเทศไทย สถิติปี 2562 จำนวน 3.3 ล้านคน (ฉัตรชัย เคนสุวรรณ, 2563) และอำเภอไชยวาน ตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำที่สำคัญได้แก่ หนองหานกุมภวาปี และมีลำห้วยหลายสาย ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความชุกของเมตาเซอร์คาเรียในปูนาจากอำเภอบ้านดุงและอำเภอไชยวาน จังหวัดอุดรธานี เพื่อเป็นข้อมูลทางด้านการแพร่กระจายของปรสิตในแหล่งน้ำของท้องถิ่น นำไปสู่การเฝ้าระวังการบริโภคปูนาในพื้นที่ศึกษาและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

วิธีการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างปูนา

เก็บตัวอย่างปูนาแบบสุ่มอย่างง่ายด้วยมือจากนาข้าวในพื้นที่ 2 อำเภอ คืออำเภอบ้านดุงและอำเภอไชยวาน จำนวน 191 ตัว โดยเก็บตัวอย่างในระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2564 ตัวอย่างปูนาจะถูกเก็บใส่ในน้ำแข็งและนำกลับมาแข็งห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี หลังจากนั้นจำแนกชนิดตามสัณฐานวิทยาของปูน้ำจืดและแยกเพศของปู วัดขนาดปูโดยวัดความกว้างของกระดองและแบ่งขนาดออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ 2.00-3.00, 3.01-4.00 และ 4.01-6.00 เซนติเมตร

2. การตรวจหาเมตาเซอร์คาเรีย

ทำให้ปูสลบในน้ำแข็ง แล้วแยกกระดองออกจากตัวปู สับตัวปูให้ละเอียดทีละ 1 ตัว นำไปใส่ในหลอดพลาสติก แล้วเติมสารละลาย NaCl 0.85% ลงไป เขย่าให้เข้ากันกับตัวอย่างแล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำสารละลายมากรองด้วยตะแกรงกรอง ขนาด 850 ไมครอน เก็บสารละลายส่วนที่ผ่านตะแกรงไปตกตะกอนด้วยสารละลาย NaCl 0.85% ทั้งส่วนใสด้านบน ล้างตะกอนซ้ำ 2 ครั้ง แล้วนำตะกอนไปกรองด้วยตะแกรงกรองขนาด 300 ไมครอน เก็บตะกอนส่วนที่อยู่ด้านบนตะแกรงกรอง 300 ไมครอน ล้างตะกอนซ้ำ 2 ครั้ง เติมน้ำส่วนใสทิ้ง หลังจากตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติมน้ำส่วนใสทิ้งแล้วนำตะกอนที่ได้ไปส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (Stereo microscope) และกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Compound light microscope) จำแนกชนิดของเมตาเซอร์คาเรียด้วยวิธีสัณฐานวิทยาโดยอ้างอิงจากงานวิจัยของอดิเทพชัยการณ ภาชนะวรรณ และคณะ (2560)

3. การวิเคราะห์ผล

1) การคำนวณหาร้อยละความชุก

$$\text{ร้อยละความชุก} = \frac{\text{จำนวนปูที่พบเมตาเซอร์คาเรีย}}{\text{จำนวนปูทั้งหมดที่ศึกษา}} \times 100$$

2) การคำนวณความหนาแน่นของปรสิต

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{จำนวนเมตาเซอร์คาเรียทั้งหมด}}{\text{จำนวนปูนาที่ติดเชื้อ}}$$

ผลการวิจัย

1. สัณฐานวิทยาของปูนาจากอำเภอบ้านดุง และอำเภอไชยวาน จังหวัดอุดรธานี

ตัวอย่างปูนาในอำเภอบ้านดุง และอำเภอไชยวาน เป็นปูจิ้งจก *Somanniathelphusa* sp. ลักษณะลำตัวสีน้ำตาล น้ำตาลม่วง และสีเหลืองน้ำตาลอ่อน กระดองเป็นรูปหกเหลี่ยมผิวเรียบเป็นมัน มีขอบด้านหน้าอยู่ระหว่างตาทั้ง 2 ข้าง ถัดจากตามีลักษณะเป็นหนามแหลมคล้ายฟันเลื่อย ข้างละ 4 ซี่ มีขาทั้งหมด 5 คู่ โดยขาคู่แรกมีก้ามหนีบ ซึ่งก้ามของปูตัวผู้จะใหญ่กว่าก้ามของปูตัวเมีย ก้ามซ้ายและก้ามขวาจะใหญ่ไม่เท่ากัน มีขาเดินจำนวน 4 คู่ ส่วนท้องของปูเพศผู้มีลักษณะคล้ายรูปตัวที่ 1 พับงออยู่ได้ส่วนนอก มีขนาดเล็กปลายเรียวแหลม ส่วนปูเพศเมียจะมีลักษณะคล้ายวงกลม ขอบโค้งมีขนาดใหญ่เกือบเต็มส่วนนอก ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1. ลักษณะกระดองและส่วนท้องของปูนา *Somanniathelphusa* sp. เพศผู้และเพศเมีย

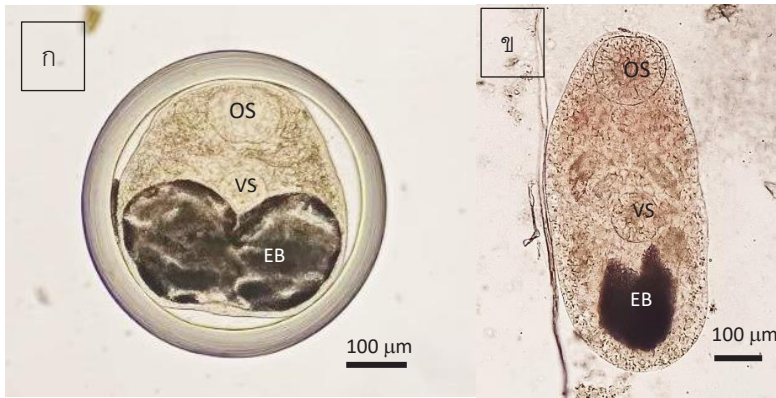
ก: เพศผู้ ข: เพศเมีย

2. สันฐานวิทยาของเมตาเซอร์คาเรีย

เมตาเซอร์คาเรียของพยาธิใบไม้ลำไส้ขนาดเล็ก *Microphalloides* spp. มีลักษณะรูปร่างกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 310-550 μm มีผนัง 2 ชั้น ชั้นนอกจะบางเปราะง่าย ส่วนชั้นในจะหนาและเหนียวมีความยืดหยุ่น ตัวอ่อนที่อยู่ภายในมีลำตัวเหยียดตรงและมีช่องว่างภายในเปลือกหุ้ม เห็น Oral sucker และ Ventral sucker ชัดเจน ส่วน Excretory bladder มีสีเข้มลักษณะคล้ายรูปหัวใจภายในบรรจุของเสีย ดังภาพที่ 2

3. ความชุกของปูนาที่ติดเชื้อ

จากการนับจำนวนเมตาเซอร์คาเรียที่ตรวจพบในปูนาจากอำเภอบ้านดุงและอำเภอไชยวาน จังหวัดอุดรธานี ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม 2564 ปูนาจากอำเภอบ้านดุง 141 ตัว พบปูนาที่ติดเชื้อ 65 ตัว คิดเป็นร้อยละความชุก 46.10 และมีจำนวนเมตาเซอร์คาเรียทั้งหมด 450 เมตาเซอร์คาเรีย ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 6.92 ปูนาจากอำเภอไชยวาน ทั้งหมด 50 ตัว พบปูนาติดเชื้อ 20 ตัว ค่าร้อยละความชุกคือ 40.00 โดยมีจำนวนเมตาเซอร์คาเรียทั้งหมด 195 เมตาเซอร์คาเรีย ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 9.75 เมื่อนับจำนวนรวมทั้ง 2 อำเภอ จำนวนปูนาทั้งหมด 191 ตัว พบปูนาที่ติดเชื้อ 85 ตัว คิดเป็นร้อยละความชุก 44.50 รวมจำนวนเมตาเซอร์คาเรียทั้งหมด 645 เมตาเซอร์คาเรีย ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 7.59 ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 2. ก. เมตาเซอร์คาเรีย *Microphaloides* spp. ข. ตัวอ่อนที่ออกจากถุงหุ้ม (excyst metacercariae)
 สัญลักษณ์ในภาพ OS= Oral sucker, VS= Ventral sucker, EB= Excretory bladder

การหาความชุกโดยจำแนกตามเพศของปูนา พบการติดเชื้อในปูนาเพศผู้จำนวน 36 ตัว จาก 99 ตัว คิดเป็นร้อยละความชุก 36.36 และพบเมตาเซอร์คาเรียจำนวน 154 เมตาเซอร์คาเรีย ส่วนเพศเมียพบการติดเชื้อ 49 ตัว จาก 92 ตัว คิดเป็นร้อยละความชุก 53.26 และพบเมตาเซอร์คาเรียจำนวน 491 เมตาเซอร์คาเรีย

เมื่อแบ่งขนาดของปูนาออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ ขนาด 2.00-3.00 เซนติเมตร, ขนาด 3.01-4.00 เซนติเมตรและขนาด 4.01-6.00 เซนติเมตร พบการติดเชื้อในปูนาที่มีขนาด 2.00-3.00 เซนติเมตร 67 ตัว จาก 130 ตัว คิดเป็นร้อยละความชุก 51.53 และพบเมตาเซอร์คาเรียจำนวน 482 เมตาเซอร์คาเรีย ปูนาที่มีขนาด 3.01-4.00 เซนติเมตร พบการติดเชื้อ 16 ตัว จาก 52 ตัว คิดเป็นร้อยละความชุก 30.76 และพบเมตาเซอร์คาเรียจำนวน 159 เมตาเซอร์คาเรีย และปูนาที่มีขนาด 4.01-6.00 เซนติเมตร พบการติดเชื้อ 2 ตัว จาก 9 ตัว คิดเป็นร้อยละความชุก 22.22 และพบเมตาเซอร์คาเรียจำนวน 4 เมตาเซอร์คาเรีย ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ร้อยละความชุกของปูนาที่ติดเชื้อจากปูนาตัวอย่างที่เก็บจากอำเภอบ้านดุงและอำเภอไชยวาน จังหวัดอุดรธานี เก็บตัวอย่างเดือนพฤษภาคม ถึง ตุลาคม 2564

อำเภอ	จำนวนปูนา	จำนวนปูนาที่ติดเชื้อ (ความชุก)	จำนวนเมตาเซอร์คาเรีย <i>Microphaloides</i> spp. (ต่ำสุด-สูงสุด)	ความหนาแน่น (intensity)
บ้านดุง	141	65 (46.10)	450 (1-102)	6.92
ไชยวาน	50	20 (40.00)	195 (1-86)	9.75
รวม	191	85 (44.50)	645 (1-102)	7.59

ตารางที่ 2 ความชุกและจำนวนของเมตาเซอร์คาเรียในปูนาจากอำเภอบ้านดุงและอำเภอไชยวานจังหวัดอุดรธานี โดยวิเคราะห์แบบแยกเพศและขนาดของปูนา

เพศ	จำนวนปูนา	จำนวนปูนา ที่ติดเชื้อ	ความชุก	จำนวนเมตาเซอร์คาเรีย ทั้งหมด (ต่ำสุด-สูงสุด)
เพศผู้	99	36	36.36	154 (1-17)
เพศเมีย	92	49	53.26	491 (1-102)
ขนาด (เซนติเมตร)				
2.00-3.00	130	67	51.53	482 (1-86)
3.01-4.00	52	16	30.76	159 (1-102)
4.01-6.00	9	2	22.22	4 (1-3)
รวม	191	85	44.50	645 (1-102)

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาความชุกของเมตาเซอร์คาเรียในปูนาจากอำเภอบ้านดุงและอำเภอไชยวาน ตัวอย่างปูนาจำนวน 191 ตัว ติดเชื้อ 85 ตัว มีร้อยละความชุกเท่ากับ 44.50 มีจำนวนเมตาเซอร์คาเรียทั้งหมด 645 เมตาเซอร์คาเรีย มีค่าความหนาแน่น (intensity) เท่ากับ 7.59 ซึ่งจำนวนเมตาเซอร์คาเรียสูงที่สุดคือ 102 เมตาเซอร์คาเรียต่อปู 1 ตัว ปูนาจากอำเภอบ้านดุง มีความชุกมากกว่าอำเภอไชยวาน คือ 46.10 และ 40.00 ตามลำดับ แต่ปูนาจากอำเภอไชยวาน มีความหนาแน่นมากกว่าปูนาจากอำเภอบ้านดุง คือ 9.75 และ 6.92 ตามลำดับ ความชุกจากการศึกษารังนี้มีค่าน้อยกว่าร้อยละความชุกของเมตาเซอร์คาเรียพยาธิใบไม้ลำไส้ขนาดเล็กในปูนาจากอำเภอเมืองจังหวัดนครพนม คือ 87.09 และความหนาแน่นน้อยกว่าอำเภอโพนสวรรค์จังหวัดนครพนมคือ 200.38 (อติเทพชัยการณ์ ภาชนะวรรณ และคณะ, 2560) เนื่องจากบริเวณที่เก็บตัวอย่างในอำเภอมืองนครพนมเป็นระบบนิเวศน้ำนิ่งจึงมีการแพร่กระจายตัวของเมตาเซอร์คาเรียเป็นวงกว้าง (อติเทพชัยการณ์ ภาชนะวรรณ และคณะ, 2560) นอกจากนี้ฤดูกาลการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกันอาจส่งผลต่อความชุกของเมตาเซอร์คาเรีย เช่น ช่วงฤดูฝนปูนาจะออกหาอาหารและผสมพันธุ์ (นิภาศักดิ์ คงงาม และคณะ, 2018) จึงมีโอกาสในการติดเชื่อได้มากกว่าช่วง เดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคมเพราะปูนาจะอาศัยในรูและไม่กินอาหาร

ผลการศึกษารังนี้ยังพบว่าปูนาเพศเมียมีความชุกมากกว่าเพศผู้ ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยความชุกของเมตาเซอร์คาเรียของพยาธิใบไม้ปอด *Paragonimus* sp. จากจังหวัดอุบลราชธานี (ณัฐพงศ์ วงษ์ชุ่ม, 2561) และขนาดของปูนา 2.00-3.00 เซนติเมตร มีความชุกสูงที่สุดเช่นเดียวกับงานวิจัยของ ณัฐพงศ์ วงษ์ชุ่มและคณะ (2561) ปูนาที่มีขนาดเล็กอายุน้อยจะมีจำนวนครั้งการลอกคราบเพื่อเจริญเติบโตมากกว่าปูนาขนาดใหญ่อายุมาก (สมพงษ์ ดุลย์จินดาชาภาพร และคณะ, 2559) หลังจากปูนาลอกคราบ กระดองของปูจะมีความแข็งน้อยกว่าปกติ มีโอกาสให้เซอร์คาเรียที่ออกจากหอย ไช้เข้าสู่ปูนาระยะลอกคราบได้ ดังนั้นปูที่มีขนาดเล็กจึงมีความชุกของปรสิตมากที่สุด งานวิจัยครั้งนี้รายงานการติดเชื่อในปูนาจากจังหวัดอุดรธานี

จาก 2 อำเภอ อย่างไรก็ตามควรเพิ่มพื้นที่ศึกษา เก็บจำนวนตัวอย่างให้มากขึ้น และเก็บข้อมูลระยะยาวตลอดทั้งปีเพื่อทราบแนวโน้มการระบาดของพยาธิใบไม้ลำไส้ขนาดเล็กในปูนา

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ซึ่งสนับสนุนห้องปฏิบัติการและขอขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยาสันนุนสารเคมี อุปกรณ์และกล้องจุลทรรศน์แก๊สคณะผู้วิจัย

อ้างอิง

- ฉัตรชัย เคนสุวรรณ. 2563. สำนักข่าวกรมประชาสัมพันธ์. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2566. สืบค้นจาก https://thainews.prd.go.th/th/news/print_news/TCATG200101201755294
- ณัฐพงศ์ วงษ์ขุ่ม, อนัญญา เตชะคำภู และลัดดาวัลย์ สาระภย์. (2561). ความสัมพันธ์ของเพศ ขนาด และแหล่งอาศัยของปูนา (*Esantelphusa* sp.) ต่อการติดเชื้อพยาธิใบไม้ปอดระยะเมตาเซอร์คาเรีย จากทุ่งนาในหมู่บ้านแหมจรรย์ อำเภอดงขุดม จังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารวิทยาศาสตร์. มข.* 46(1): น.114-121.
- นิภาศักดิ์ คงงาม, ประภัสสร ศิริจันทร์แสง และเฉลา สำราญดี. (2018). ความหลากหลายของการใช้ประโยชน์จากปูนาของชุมชนในพื้นที่บริเวณแนวเทือกเขาพนมดงรัก. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.* (20). ฉบับพิเศษ กันยายน-ตุลาคม. น. 229-241.
- สมพงษ์ ดุลย์จินดาชาภาพร และคณะ. (2559). การศึกษาอายุและการเจริญเติบโตของปูนา. *วารสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39.* น. 260-265.
- อดิเทพชัยการณัฏ ภาชนะวรรณ และคณะ. (2017). ความชุกและความหนาแน่นของพยาธิใบไม้ ลำไส้ขนาดเล็ก *Microphaloides* spp. ในปูนา (*Somaniathelphusa* sp.) จากจังหวัดนครพนม ปี 2559. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ* ปีที่ 20 ฉบับพิเศษ. *วารสารงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 27 ประจำปี 2560 และการประชุมวิชาการระดับชาติด้านบริหารธุรกิจและเศรษฐศาสตร์ ครั้งที่ 3.* น.8-16.
- Waikagul, J. (1983). *Microphalloides vajrathirae* N. sp. (Digenea: Microphallidea) from the small intestine of cat in Thailand. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health.* 14 (2) , 261-264.
- Olson, P. D., Cribb, T. H., Tkach, V. V., Bray, R. A., & Littlewood, D. T. J. (2003). Phylogeny and classification of the Digenea (platyhelminthes: Trematoda) 11 nucleotide sequence data reported in this paper are available in the GenBank™, EMBL and DDBJ databases under the accession numbers AY222082–AY222285. *International Journal for Parasitology*, 33(7), 733–755. [https://doi.org/10.1016/s0020-7519\(03\)0004](https://doi.org/10.1016/s0020-7519(03)0004)



Session
การศึกษา

การศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้รายวิชาการผลิตนกแอ่นกินรังในรูปแบบออนไลน์และไฮบริด ในช่วงสถานการณ์ Covid-19

เทียนทิพย์ ไกรพรหม¹ ณัฐฐากร วรรัฐสิน¹ พจนารถ แก่นจันทร์¹ สิทธิศักดิ์ จันทร์รัตน์² สนั่น รัตนพรหม³ และ นุรไอนีย์ สะแลแม^{1*}

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์และไฮบริดในรายวิชานกแอ่นกินรังในช่วงสถานการณ์ โควิด 19 ซึ่งเป็นปัญหาและอุปสรรคของการจัดการเรียนการสอน ในการศึกษาครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ นักศึกษาที่เลือกลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการผลิตนกแอ่นกินรังจำนวน 2 ปีการศึกษาคือปีการศึกษา 2564 จำนวน 18 คน และปีการศึกษา 2565 จำนวน 26 คน เครื่องมือในการวิจัยคือแบบสอบถาม และสัมภาษณ์โดยการสนทนากลุ่ม ซึ่งคำถามมีลักษณะปลายปิดและปลายเปิด สถิติที่ใช้ในวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อรายวิชาการผลิตนกแอ่นกินรัง ด้านผู้สอน ด้านวิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน และด้านการวัดและประเมินผลการเรียนการสอนระดับมาก อย่างไรก็ตามในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน นักศึกษามีความพึงพอใจในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบไฮบริดมากกว่ารูปแบบออนไลน์ โดยมีผลการประเมินเท่ากับ 4.37 ± 0.11 และ 4.08 ± 0.19 คะแนน ตามลำดับ

คำสำคัญ: การจัดการเรียน สถานการณ์โควิด 19 ความพึงพอใจ

¹ อาจารย์, สาขาวิทยาการเกษตรและประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี 94000

¹ อาจารย์, สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี 94000

¹ ครู, โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา) คณะศึกษาศาสตร์ ปัตตานี 94000

¹ Lecturer, Department of Agricultural and Fishery Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani 94000

² Lecturer, Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani 94000

³ Teacher, Prince of Songkla University Demonstration School, Faculty of Education, Pattani 94000

* Corresponding author: Email: nurainee.s@psu.ac.th

Study of Satisfaction on learning management in a course of Swiftlet production with online and hybrid system during the Covid-19 situation

Thaintip Kraiprom¹ Natthakorn Woraathasin¹ Pochanart Kanjan¹ Sitthisak Jantararat² Sanan Ratthanaprom³
and Nurainee Salaemae^{1*}

Abstract

This research aimed to study the Satisfaction of learning management in online and hybrid systems during the COVID 19 situations in a course of Swiftlet production, this is a problem and obstacle for learning management systems. The sample groups of this research were students selected registration Swiftlets production subject in two academic years. There are academic years in 2021 (18 students) and 2022 (26 students), the student groups were sampled. The study tools were used focus group for interviews. The statistics of frequency, percentage, mean, and standard deviation was applied to this study. It was found that the students were satisfied in Swiftlet production subject on teachers, teaching methods, learning activities and the measurement and evaluation of teaching, and learning at a high level. However, the satisfaction of teaching and activity in hybrid systems was higher than online. The assessment results with satisfaction rating in hybrid and online learning were 4.37 ± 0.11 and 4.08 ± 0.19 , respectively.

Keywords: Learning management, Covid-19 situation, Satisfaction

บทนำ

การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) มีการแพร่ระบาดตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 เป็นต้นมา และจากการแพร่ระบาดครั้งนี้ส่งผลกระทบต่อประชากรในทุก ๆ ด้าน เช่น ด้านการใช้ชีวิตประจำวันที่มีการดำเนินวิถีชีวิตแบบใหม่ที่เรียกว่า “NEW Normal” แปลเป็นภาษาไทยได้ว่า ความปกติ ใหม่ หรือฐานวิถีชีวิตใหม่ ซึ่งหมายถึง รูปแบบการดำเนินชีวิตอย่างใหม่ที่แตกต่างจากอดีต เนื่องมาจากมีบางสิ่งมากระทบทำให้แบบแผนและแนวทางปฏิบัติที่คนในสังคมคุ้นเคยต้องเปลี่ยนแปลงไปสู่วิถีใหม่ภายใต้แนวปฏิบัติใหม่ที่ไม่คุ้นเคย รูปแบบวิถีชีวิตใหม่นี้ ประกอบด้วยวิถีคิด วิถีเรียนรู้ วิธีสื่อสาร วิถีปฏิบัติและการจัดการ การใช้ชีวิตแบบใหม่เกิดขึ้นหลังจากเกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ (รณชัย คนบุญ, 2563) จากผลกระทบดังกล่าวทำให้การเรียนรู้ของนักเรียน นักศึกษามีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งได้มีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหรือ ICT เข้ามามีส่วนร่วมกับการจัดระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ (จักรกฤษณ์ โทพาทพล, 2563) แต่อย่างไรก็ตามประเด็นปัญหาและข้อจำกัดในการเรียนการสอนออนไลน์ช่วงสถานการณ์ โควิด-19 พบว่า ความเหลื่อมล้ำทางสังคม ที่ทำให้โครงสร้างพื้นฐาน เครื่องมือ อุปกรณ์ รวมถึงทักษะในการสอนและการเรียนรู้ ไม่สามารถเข้าได้อย่างทั่วถึงในทุกโรงเรียนหรือนักเรียน นักศึกษาทุกคน ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะขาดอุปกรณ์ทางการศึกษา (วิทศน์ ฝักเจริญผล และคณะ, 2563) การจัดการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษามุ่งเน้นในการผลิตบัณฑิตให้เป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถทางวิชาชีพให้มากขึ้นตามแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญที่ทำการสอนอยู่ในแต่ละสถาบัน (ประทีป เมธาคุณวุฒิ, 2544)

วิชาการผลิตนกแอ่นกินรัง (swiftlets production) เป็นวิชาเลือกเอกและเลือกเสรีของนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ในช่วงสถานการณ์ โควิด-19 ที่ผ่านมานักศึกษามีความสนใจและมีแนวโน้มที่ลงเรียนวิชาเลือกเสรีที่สามารถนำไปประกอบอาชีพได้เพิ่มขึ้น การจัดการเรียนการสอนในรายวิชานี้ก่อนเกิดสถานการณ์ โควิด-19 เน้นการเรียนรู้นในห้องเรียน (on site) ฝึกปฏิบัติ และศึกษานอกห้องเรียน โดยเรียนรู้จากตัวอย่างจริง อย่างไรก็ตามในช่วงสถานการณ์ โควิด-19 ไม่สามารถจัดกิจกรรมในรูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวได้ ทำให้ในปีการศึกษา 2564 ได้จัดการเรียนการสอนในรูปแบบ on line 100% และในปี 2565 ได้จัดการเรียนการสอนในรูปแบบ Hybrid learning หรือ การเรียนรู้แบบผสมผสาน ซึ่ง Carman (2005) กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบไฮบริด เป็นการบูรณาการการเรียนออนไลน์ผ่านระบบเครือข่าย และการเรียนในห้องเรียนแบบดั้งเดิม ที่มีการเรียนแบบเผชิญหน้า (Face-to-face) โดยใช้สิ่งอำนวยความสะดวกในอินเทอร์เน็ตเป็นสื่อ และเครื่องมือในสภาพแวดล้อมการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์เพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นการมีปฏิสัมพันธ์ ให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของตนเองได้ดีขึ้น สง่า ภูธรรงค์ (2540) ได้กล่าวว่าความพึงพอใจหมายถึงความรู้สึกที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับความสำเร็จตามความมุ่งหมาย หรือเป็นความรู้สึกขั้นสุดท้ายที่ได้รับผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ความพึงพอใจเป็นทัศนคติอย่างหนึ่ง ที่เป็นนามธรรมเป็นความรู้สึกส่วนตัวทั้งทางด้านบวกและลบขึ้นอยู่กับที่ได้รับคำตอบสองเป็นสิ่งที่กำหนดพฤติกรรม ในการแสดงออกของบุคคลที่มีผลต่อการเลือกที่จะปฏิบัติสิ่งใดสิ่งหนึ่ง การวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาการผลิตนกแอ่นกินรังในช่วงสถานการณ์ Covid-19 ทั้งในรูปแบบออนไลน์และไฮบริด

วิธีการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ นักศึกษาทั้งหมดที่ลงทะเบียนในรายวิชาการผลิตนกแอ่นกินรัง เป็นวิชาเลือกเสรีในปีการศึกษาที่ 2564 และ 2565 ซึ่งมีนักศึกษาชั้นปีที่ 1, 2 และ 3 โดยในปีการศึกษา 2564 มีนักศึกษามาเลือกลงทะเบียนเรียนจำนวน 18

คน ซึ่งจัดการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ มีนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจำนวน 15 คน และคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์จำนวน 3 คน เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 จำนวน 4 คนและชั้นปีที่ 3 จำนวน 14 คน ในปีการศึกษา 2565 มีนักศึกษามาเลือกลงทะเบียนเรียนจำนวน 26 คน ซึ่งจัดการเรียนการสอนแบบไฮบริด มีนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจำนวน 2 คน คณะวิทยาการอิสลามจำนวน 3 คน คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์จำนวน 9 คน คณะศึกษาศาสตร์จำนวน 1 คน และคณะพยาบาลศาสตร์จำนวน 11 คน เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 10 คน นักศึกษาชั้นปีที่ 2 จำนวน 8 คนและชั้นปีที่ 3 จำนวน 8 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถาม ซึ่งแบ่งเป็น 2 ตอน คือตอนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพโดยทั่วไปของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ ส่วนตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอน ซึ่งมีรูปแบบการเรียนการสอนแบบ on line ในปีการศึกษา 2564 และการจัดการเรียนการสอนรูปแบบ Hybrid learning ในปีการศึกษา 2565 ลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนแบบประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

5 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

4 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

3 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

2 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

1 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

นอกจากนั้นมีการสอบถามความพึงพอใจจากการจัดการเรียนการสอนโดยการสนทนากลุ่ม (Focus group) การวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลผล โดยนำข้อมูลมาคำนวณวิเคราะห์หาค่าสถิติโดยใช้ค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (Standard Deviation) ของคะแนนในรายด้านและรายข้อโดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา

จากตารางที่ 1 พบว่าในปีการศึกษา 2564 นักศึกษาที่ลงทะเบียนและตอบแบบสอบถามมีจำนวนทั้งสิ้น 18 คน จำแนกตามเพศได้เป็นนักศึกษาชายจำนวน 3 คน (ร้อยละ 16.67) นักศึกษาหญิง 15 คน (ร้อยละ 83.33) เมื่อจำแนกตามชั้นปีที่เรียนพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่เรียนอยู่ชั้นปีที่ 3 จำนวน 14 คน (ร้อยละ 77.78) รองลงมาคือชั้นปีที่ 2 จำนวน 4 คน (ร้อยละ 22.22) และจำแนกตามคณะที่เรียนพบว่านักศึกษาส่วนใหญ่ศึกษาในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 15 คน (ร้อยละ 83.33) รองลงมาคือคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์จำนวน 3 คน (ร้อยละ 16.67) ปีการศึกษา 2565 นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนและตอบแบบสอบถามมีจำนวนทั้งสิ้น 26 คน จำแนกตามเพศได้เป็นนักศึกษาชายจำนวน 5 คน (ร้อยละ 19.23) นักศึกษาหญิง 21 คน (ร้อยละ 80.76) เมื่อจำแนกตามชั้นปีที่เรียนพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่เรียนอยู่ชั้นปีที่ 1 จำนวน 10 คน (ร้อยละ 38.46) รองลงมาคือชั้นปีที่ 2 และ 3 จำนวน 8

คน (ร้อยละ 30.76) และเมื่อพิจารณาจำแนกตามคณะที่เรียนพบว่านักศึกษาส่วนใหญ่ศึกษาในพยาบาลศาสตร์จำนวน 11 คน (ร้อยละ 42.31) รองลงมาคือ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 15 คน (ร้อยละ 83.33) คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์จำนวน 9 คน (ร้อยละ 34.61) คณะวิทยาการอิสลามจำนวน 3 คน (ร้อยละ 11.53) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจำนวน 2 คน (ร้อยละ 7.69) และคณะศึกษาศาสตร์จำนวน 1 คน (ร้อยละ 3.85) ซึ่งจะเห็นได้ว่าปีการศึกษา 2565 มีนักศึกษามาลงทะเบียนเรียนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 44.44 นอกจากนั้นมีนักศึกษามาเรียนเรียนจากหลากหลายคณะ เมื่อสอบถามถึงสาเหตุของการเลือกเรียนในรายวิชาการผลิตนกแอ่นกินรังพบว่านักศึกษาส่วนใหญ่สนใจที่จะนำความรู้ไปประกอบอาชีพเป็นอาชีพเสริมนอกเหนือจากวิชาชีพที่ได้เรียน อีกทั้งราคารังนกยังมีมูลค่าสูง จึงเป็นสิ่งจูงใจให้เลือกลงทะเบียนเรียนรายวิชาเลือกเสรีในรายวิชานี้

ตารางที่ 1 จำนวนและค่าร้อยละของข้อมูลทั่วไปของนักศึกษา จำแนกตามเพศ ระดับชั้นที่เรียนและสาขาที่เรียนที่ลงทะเบียนเรียน วิชาการผลิตนกแอ่นกินรังเป็นวิชาเลือกเสรี

ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพ	ปีการศึกษา 2564		ปีการศึกษา 2565	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ				
1.1 เพศชาย	3	16.67	5	19.23
1.2 เพศหญิง	15	83.33	21	80.76
รวม	18	100	26	100
2. ระดับชั้นปี				
2.1 ชั้นปีที่ 1	0	0	10	38.46
2.2 ชั้นปีที่ 2	4	22.22	8	30.76
2.3 ชั้นปีที่ 3	14	77.78	8	30.76
รวม	18	100	26	100
3. คณะที่เรียน				
3.1 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	15	83.33	2	7.69
3.2 วิทยาการอิสลาม	0	0	3	11.54
3.3 มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	3	16.67	9	34.61
3.4 ศึกษาศาสตร์	0	0	1	3.85
3.5 พยาบาลศาสตร์	0	0	11	42.31
รวม	18	100	26	100

เครื่องมือที่ใช้ว่าประเมินความพึงพอใจด้านการเรียนการสอนซึ่งมี 4 ด้านหลัก ดังนี้คือ ด้านรายวิชาการผลิตนกแอ่นกินรัง 2.ด้านผู้สอน 3. ด้านวิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน และ 4. ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน จากตารางที่ 2 พบว่าความพึงพอใจของนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการผลิตนกแอ่นกินรังเป็นวิชาเลือกเสรี ในปีการศึกษา 2564 และ 2565 นักศึกษามีความพึงพอใจต่อรายวิชาเท่ากับ 4.44 ± 0.18 และ 4.40 ± 0.16 คะแนน ตามลำดับ โดยนักศึกษามีความพึงพอใจต่อรายวิชาระดับมาก

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจ (Mean±S.D) ด้านรายวิชาในการจัดการเรียนการสอนของนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการผลิตนกแอ่นกินรังเป็นวิชาเลือกเสรี

ความพึงพอใจในการจัดการเรียนการสอน	ปีการศึกษา 2564	ปีการศึกษา 2565
1.ด้านรายวิชาการผลิตนกแอ่นกินรัง		
1.1 เนื้อหาในรายวิชาเหมาะสมกับจำนวนหน่วยกิต	4.53±0.52	4.44±0.64
1.2 เนื้อหาในรายวิชามีความทันสมัย ทันต่อการเปลี่ยนแปลง	4.20±0.60	4.26±0.76
1.3 รายวิชาเหมาะสม และสอดคล้องกับความต้องการเรียน	4.47±0.67	4.33±0.68
1.4 รายวิชาเหมาะสมกับพื้นฐานความรู้ของผู้เรียน	4.33±0.79	4.30±0.67
1.5 รายวิชามีประโยชน์ต่อการนำไปประกอบอาชีพ	4.67±0.52	4.67±0.62
รวม	4.44±0.18	4.40±0.16
ระดับ	มาก	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่าความพึงพอใจในด้านผู้สอน ปีการศึกษา 2564 และ 2565 ของนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการผลิตนกแอ่นกินรังเป็นวิชาเลือกเสรี มีความพึงพอใจด้านผู้สอนใกล้เคียงกันเท่ากับ 4.56±0.08 และ 4.56±0.09 คะแนน ตามลำดับ โดยนักศึกษามีความพึงพอใจด้านผู้สอนมาก ในส่วนของหัวข้อย่อยผู้สอนมีความเป็นกันเองให้คำแนะนำและรับฟังความคิดเห็น พบว่าการจัดรูปแบบการศึกษาแบบออนไลน์นักศึกษามีความพึงพอใจระดับมาก แต่การจัดรูปแบบการสอนแบบไฮบริดนักศึกษามีความพึงพอใจระดับมากที่สุดอาจเนื่องจากการเรียนแบบไฮบริดนักศึกษสามารถสอบถามและพูดคุยกับผู้สอนได้โดยตรงในชั้นเรียน จึงสามารถขอคำแนะนำได้ และกล้าซักถามมากกว่าการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจด้านผู้สอนของนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการผลิตนกแอ่นกินรังเป็นวิชาเลือกเสรี

ความพึงพอใจในการจัดการเรียนการสอน	ปีการศึกษา 2564	ปีการศึกษา 2565
2.ด้านผู้สอน		
2.1 ผู้สอนมีการเตรียมการสอนล่วงหน้า	4.53±0.52	4.67±0.48
2.2 ผู้สอนมีความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชา	4.60±0.52	4.52±0.51
2.3 ผู้สอนมีความรู้ในเนื้อหาวิชาที่สอนเป็นอย่างดี	4.67±0.67	4.56±0.58
2.4 ผู้สอนมีความรอบรู้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางวิทยาการ	4.47±0.69	4.44±0.58
2.5 ผู้สอนมีความเป็นกันเองให้คำแนะนำและรับฟังความคิดเห็น	4.43±0.69	4.63±0.56
รวม	4.56±0.08	4.56±0.09
ระดับ	มากที่สุด	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 พบว่าความพึงพอใจในด้านวิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน ปีการศึกษา 2564 นักศึกษามีความพึงพอใจด้านวิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอนน้อยกว่าปีการศึกษา 2565 ในข้อคำถามเรื่องการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยเชิญผู้ทรงคุณวุฒิ หรือผู้รู้ในชุมชนเข้าร่วม เพื่อส่งเสริมให้นักศึกษามีความรู้ พบว่านักศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ในระดับมาก ส่วนการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบไฮบริด นักศึกษามีความพึงพอใจมากที่สุด สาเหตุที่เกิดความแตกต่างอาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์มีการเชิญผู้ทรงคุณวุฒิมาสอนน้อยกว่าการเรียนการสอนแบบไฮบริด เนื่องด้วยสถานการณ์โควิด การสอนแบบไฮบริดส่งเสริมให้เกิดทักษะในการนำไปปฏิบัติได้จริง เนื่องจากมีการฝึกปฏิบัติล้างถังและนำนักศึกษาไปเรียนรู้บ้านร้าง เรียนรู้ส่วนประกอบของบ้านนก อุปกรณ์ที่ใช้ในบ้านนก ทำให้ทุกหัวข้อการประเมินความพึงพอใจในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพิ่มสูงขึ้น การจัดการเรียนแบบไฮบริดมีการจัดกิจกรรมให้นักศึกษามีส่วนร่วมในการคิดวิเคราะห์ ปฏิบัติกิจกรรม และมีการเชิญผู้เชี่ยวชาญ ผู้ที่มีประสบการณ์เรื่องการสร้างบ้านร้างมาบรรยายแก่นักศึกษา Saliba et al. (2013) กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบไฮบริด เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนกลยุทธ์ เป็นการสอนแบบบูรณาการกันระหว่างการเรียนการสอนแบบต่อหน้า การปฏิสัมพันธ์ออนไลน์ และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสม เน้นการผสมผสานวิธีการสอนที่หลากหลายเพื่อสร้างปฏิสัมพันธ์ ผ่านเครื่องมือและซอฟต์แวร์ที่ได้มาตรฐานช่วยกระตุ้นให้ นักศึกษาเกิดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และได้ใช้กระบวนการคิด (Thinking System) รวมทั้งสามารถใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ได้

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจวิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอนของนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการผลิตนกแอ่นกินรังเป็นวิชาเลือกเสรี

ความพึงพอใจในการจัดการเรียนการสอน	ปีการศึกษา 2564	ปีการศึกษา 2565
3. ด้านวิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน		
3.1 มีการสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุประสงค์และ เป้าหมายของการจัดการศึกษา	4.47±0.69	4.33±0.55
3.2 มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักศึกษามีส่วนร่วม ในกิจกรรม ได้คิดวิเคราะห์ ปฏิบัติกิจกรรม	4.00±0.87	4.37±0.74
3.3 มีการใช้สื่อและเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมในการสอน เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ให้แก่ นักศึกษาอย่างเหมาะสม	3.93±0.90	4.33±0.62
3.4 มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยเชิญผู้ทรงคุณวุฒิ หรือผู้รู้ในชุมชนเข้าร่วม เพื่อ ส่งเสริมให้นักศึกษามีความรู้ และทักษะในการนำไปปฏิบัติได้จริง	3.93±0.67	4.59±0.57
3.5 ใช้วิธีการสอนหลากหลายเหมาะสมกับเนื้อหาวิชาที่เรียน	4.00±0.65	4.33±0.62
3.6 มีกิจกรรมการเรียนการสอนส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ พัฒนาการคิด ได้อภิปราย ชักถาม และ แสดงความคิดเห็น	4.27±0.75	4.44±0.51
3.7 มีกิจกรรมการเรียนการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ด้วยตนเอง	3.93±0.90	4.30±0.61
3.8 มีกิจกรรมการเรียนการสอนส่งเสริมการค้นคว้าและแสวงหาความรู้อย่างต่อเนื่อง	4.13±0.77	4.22±0.80
รวม	4.08±0.19	4.37±0.11
ระดับ	มาก	มาก

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจด้านการวัดและประเมินผลการเรียนการสอนของนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการผลิตนกแอ่นกินรังเป็นวิชาเลือกเสรี

ความพึงพอใจในการจัดการเรียนการสอน	ปีการศึกษา 2564	ปีการศึกษา 2565
4. ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน		
4.1 ใช้เทคนิคหรือวิธีการวัดและประเมินผลอย่างหลากหลาย	4.27±0.79	4.07±0.78
4.2 มีการประเมินผลการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับกิจกรรม การเรียนรู้ที่จัดให้ผู้เรียนและอิงพัฒนาการของผู้เรียน	3.80±0.69	4.44±0.58
4.3 มีการเฉลยหรือแนะแนวทางของคำตอบเพื่อให้ทราบผลการเรียนรู้	4.08±0.70	4.41±0.69
4.4 ให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อนำไปสู่การพัฒนาตนเอง	4.47±0.69	4.41±0.50
รวม	4.15±0.28	4.33±0.17
ระดับ	มาก	มาก

จากตารางที่ 5 พบว่าความพึงพอใจในการวัดและประเมินผลการเรียน ปีการศึกษา 2564 และ 2565 นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการผลิตนกแอ่นกินรังเป็นวิชาเลือกเสรี มีความพึงพอใจด้านการวัดและประเมินผลการเรียนในปีการศึกษา 2564 น้อยกว่าปีการศึกษา 2565 คือ 4.15±0.28 และ 4.33±0.17 อย่างไรก็ตามผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน

จากการสอบถามนักศึกษา โดยใช้การสนทนากลุ่ม พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการเรียนการสอน และอยากให้อาจารย์พัฒนาองค์ความรู้ด้านการผลิตนกแอ่นกินรังอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเป็นรายวิชาที่น่าสนใจและสามารถนำมาประกอบอาชีพได้ อย่างไรก็ตามการจัดการสอนแบบออนไลน์นักศึกษาไม่สามารถเข้าไปเรียนรู้สถานที่จริงได้ ส่วนการเรียนการสอนแบบไฮบริดนักศึกษาสามารถเรียนรู้จากตัวอย่างจริง และฝึกลงมือปฏิบัติล้างรังนกและแปรรูปรังนกได้ อย่างไรก็ตามโดยภาพรวมนักศึกษามีความต้องการเรียนแบบไฮบริดมากกว่าแบบไฮบริดและออนไลน์ การนำเอาเทคโนโลยีการศึกษาเข้ามาช่วยในระบบการศึกษาช่วยทำให้เกิดการแก้ปัญหาในระบบการศึกษาได้ ซึ่งจะช่วยให้เกิดแรงกระตุ้นในการเรียนรู้ ช่วยสร้างวินัยจากการเรียนรู้ด้วยตนเอง ลดอัตราการลาออกระหว่างเรียนได้ ลดอัตราความรุนแรงในชั้นเรียน ช่วยพัฒนาทักษะพื้นฐานให้ทันสมัย และการคิดเชิงวิพากษ์ ซึ่งการเรียนรู้อย่างไฮบริดจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าถึงผู้เรียนผ่านอินเทอร์เน็ตจากการศึกษาบทความ การเข้าถึง E-learning และการศึกษาผ่านวิดีโอ

สรุปผลการศึกษา

จากการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเลือกเสรี การผลิตนกแอ่นกินรัง มีจำนวนนักศึกษาที่สนใจลงทะเบียนเรียนเพิ่มขึ้น เนื่องจากนักศึกษามองว่าสามารถนำองค์ความรู้จากรายวิชานี้ไปประกอบเป็นอาชีพในอนาคตได้ การจัดการเรียนการสอนในช่วงสถานการณ์ Covid -19 ทั้งในรูปแบบออนไลน์และไฮบริด นักศึกษามีความพึงพอใจด้านรายวิชา ด้านผู้สอน ด้านวิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอนในระดับมาก อย่างไรก็ตามในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน นักศึกษามีความพึงพอใจในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบไฮบริดมากกว่ารูปแบบออนไลน์ เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรูปแบบไฮบริดเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้เรียนรู้จากการฝึกปฏิบัติมากกว่ารูปแบบออนไลน์

เอกสารอ้างอิง

- จักรกฤษณ์ โปตาพล. (2563). การจัดการเรียนรู้ออนไลน์: วิธีที่เป็นไปทางการศึกษา. เลย: มหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย.
- ประทีป เมธาคูณวุฒิ. (2545). หลักสูตรอุดมศึกษา: การประเมินและการพัฒนา. กรุงเทพฯ : นิธิ เอ็ดเวอร์ไทด์พริ้นท์.
- รณชัย คนบุญ. (2563). “ความปกติใหม่” ของภาคการศึกษาไทย ในรูปแบบการจัดการเรียนการสอนสำหรับ นักศึกษาพยาบาล. วารสารคณะพยาบาลศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.
- วิทัศน์ ฝักเจริญผล และคณะ. (2563). ความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ภายใต้สถานการณ์ ระบาดไวรัส Covid-19. วารสารศาสตร์การศึกษาและการพัฒนามนุษย์. 4(1), 44-61.
- สง่า ภูณรงค์. (2540). ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของศึกษานิเทศก์ตาม อำนาจหน้าที่ของสำนักงาน ศึกษานิเทศก์และความพึงพอใจของข้าราชการสำนักงาน ศึกษานิเทศก์ในเขตการศึกษา 7. วิทยานิพนธ์กศ.ม., มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.
- Carman, J.M. (2005). Blended Learning Design: Five Keys Ingredients. Retrieved 2017, December 10, from <http://blended2010.pbworks.com/f/Carman.pdf/>. (In Thai)
- Saliba, G., Rankine L., and Cortez H. (2013). Learning and teaching unit 2013: Fundamentals of Hybrid Learning. Retrieved 2017, December 9, 2017, from https://www.westernsydney.edu.au/_data/assets/pdf_file/0004/467095/Fundamentals_of_Blended_Learning.pdf/. (In Thai)

การจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์
เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเขียนโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

นิจชนันท์ ชูศรี¹ เพ็ญพักตร์ นภากุล² จุไรศิริ ชูรักษ์³

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างและหาคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ กับเกณฑ์ร้อยละ 80 3) เปรียบเทียบทักษะการเขียนโปรแกรม ระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ และเปรียบเทียบทักษะการเขียนโปรแกรม หลังการจัดการเรียนรู้ กับเกณฑ์ร้อยละ 80 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/9 (โครงการพิเศษ) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนวิเชียรชม จังหวัดสงขลา จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 36 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะการเขียนโปรแกรม และแบบประเมินความพึงพอใจ

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการเขียนโปรแกรม ความพึงพอใจ

¹นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา (อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก)

³ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา (อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม)

Corresponding author: 63m1912002@parichart.skru.ac.th

Learning Management Using 7Es Inquiry Learning with E-learning Lessons to Develop Learning Achievement and Programming Skills in Information Technology of Grade 6 Students

Nitchanan Choosri¹ Penpak Napakul² Juraisiri Choorak³

Abstract

This research study aimed to: 1) create and validate the quality of 7Es inquiry learning with e-learning lesson plans in Information Technology of Grade 6 students, 2) compare learning achievement before and after learning via the management of 7Es inquiry learning with e-learning lessons in Information Technology of Grade 6 students and compare learning achievement after learning at the criteria of 80 percent, 3) compare programming skills before and after 7Es inquiry learning management with e-learning lessons in Information Technology of Grade 6 students and to compare the programming skills after learning at the criteria of 80 percent, and 4) investigate the satisfaction of Grade 6 students regarding the management of 7Es inquiry learning with e-learning lessons. The research samples were 36 Grade 6 students in class 6/9 (Special Program), in the academic year of 2022 at Wichianchom School in Songkhla province, who were selected using cluster random sampling. The research instruments included learning management plans, achievement tests, programming skill tests, and satisfaction questionnaires.

Keywords: 7Es inquiry learning management, e-learning lessons, learning achievement, program skills, satisfaction

บทนำ

สภาพการณ์ทางการเรียนรู้ปัจจุบันเน้นพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การปรับเปลี่ยนแนวคิดเพื่อสร้างนวัตกรรมทางการศึกษาสอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 และกรอบแนวคิดที่เรียกว่า 21st Century ดังนั้น การศึกษาในยุคใหม่ต้องมีพื้นฐานความรู้และทักษะการแก้ปัญหาในชีวิตจริงสามารถสร้างสรรค์ความรู้ใหม่ ต่อยอดความรู้เดิมคิด และประยุกต์ใช้ความรู้ให้เกิดประโยชน์สามารถสร้างนวัตกรรมและใช้ทรัพยากรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการสร้างองค์ความรู้หรือสร้างมูลค่าให้เกิดขึ้นได้อย่างสร้างสรรค์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นทักษะที่จำเป็นของผู้เรียนในยุคนี้ (วรวิทย์ นิเทศศิลป์, 2551: 205)

ทักษะการเขียนโปรแกรม เป็นการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา (critical thinking and problem solving) ซึ่งเป็นหนึ่งในทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ทำให้ผู้เรียนมีการคิดแบบมีเหตุผล เป็นระบบ มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหา การสร้างงานที่ดี และดำรงชีวิตอยู่ได้ในปัจจุบัน ทั้งเกิดการเรียนรู้แบบยั่งยืนในอนาคต (แคมป์ปัส, 2561)

สำหรับการจัดการเรียนรู้ในวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนวิเชียรชม ในปีที่ผ่านมา ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การออกแบบและการเขียนโปรแกรมอย่างง่าย พบว่า จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับไม่น่าพึงพอใจ พิจารณาได้จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2563 ของวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศได้คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า ร้อยละ 60 ซึ่งปัญหาอุปสรรคของนักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจในคำสั่งโปรแกรมและการแก้ปัญหาในการเขียนโปรแกรม

การจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) เป็นการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้วิธีการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการค้นหาความรู้ที่ผู้เรียนยังไม่เคยมีความรู้มาก่อน จนสามารถออกแบบทดลองและทดสอบสมมติฐานได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยคณิตศาสตร์ เสมพิช (2562 : 94 - 101) ที่ได้ศึกษา รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ 7E ร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ คือ การเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำเสนอเนื้อหาความรู้ในลักษณะสื่อประสม (Multimedia) ที่ประกอบด้วยข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง และภาพวีดิทัศน์ มีการออกแบบกิจกรรมซึ่งผู้เรียนสามารถโต้ตอบหรือสื่อสารกับบทเรียน เพื่อศึกษาเนื้อหารวมทั้งมีแบบฝึกหัดและแบบทดสอบพร้อมเฉลยให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบ ความเข้าใจได้ทันที การเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์นั้นเป็นเรื่องสำคัญมาก และยังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์มากนัก เพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของโลกอย่างรวดเร็ว (กระทรวงศึกษาธิการ. 2548:6) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุดารัตน์ สุขเจริญ ที่ได้ทำวิจัย การพัฒนาบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง การเลือกซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมกับงานสำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า 1) คุณภาพด้านเทคนิคของบทเรียน e-Learning เรื่องการเลือกซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมกับงานสำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้านเนื้อหาและดำเนินเรื่อง อาจารย์ที่ปรึกษามีความคิดเห็นโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุดคือ ($\bar{X}=4.50$, $SD = 0.70$)

จากสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเขียนโปรแกรม เรื่อง การออกแบบและการเขียนโปรแกรมอย่างง่าย สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อช่วยให้เกิดการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ กระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจและเกิดความท้าทายในการเรียน สามารถคิดแก้ปัญหาได้เป็นลำดับขั้นตอนและสามารถลงมือแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมเพื่อให้สามารถนำไปปรับใช้ได้ในชีวิตประจำวันและนำสิ่งที่เรียนรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพ ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับที่สูงขึ้นและเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจเพื่อทำการศึกษาเพิ่มเติมหรือปรับใช้กระบวนการที่เกี่ยวข้องให้เกิดประโยชน์ในภายหน้า

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างและหาคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเขียนโปรแกรม วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนการจัดการเรียนรู้ แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80
3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเขียนโปรแกรม ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนการจัดการเรียนรู้ แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และเปรียบเทียบทักษะการเขียนโปรแกรม หลังการจัดการเรียนรู้ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง

สมมติฐานการวิจัย

1. คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อยู่ในระดับมากที่สุด
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80
3. ทักษะการเขียนโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ และทักษะการเขียนโปรแกรม หลังการจัดการเรียนรู้ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80
4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง อยู่ในระดับมาก

วิธีการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (โครงการพิเศษ) ที่เรียนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนวิเชียรชม จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 84 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/9 (โครงการพิเศษ) ที่เรียนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนวิเชียรชม จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การออกแบบและเขียนโปรแกรมอย่างง่าย สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 2 แผน ใช้เวลาสอน 10 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.97 หมายความว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

2.2 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การออกแบบและเขียนโปรแกรมอย่างง่าย สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ฉบับ จำนวน 30 ข้อ ซึ่งนำมาปรับปรุงแก้ไขด้านภาษาและตัวเลือกเพื่อเก็บไว้ใช้เป็นเครื่องมือโดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)) ที่มีค่าระหว่าง 0.67-1.00 และมีค่าความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.87

2.3 แบบวัดทักษะการเขียนโปรแกรม วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การออกแบบและเขียนโปรแกรมอย่างง่าย สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ฉบับ 20 ข้อ ซึ่งนำมาปรับปรุงแก้ไขด้านภาษาและตัวเลือก เพื่อเก็บไว้ใช้เป็นเครื่องมือผลการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (IOC) มีค่าเท่ากับ 0.67-1.00 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87

2.4 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง จำนวน 1 ฉบับ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85

ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างและหาคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเขียนโปรแกรม วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

แผนการจัดการเรียนรู้	คะแนนเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญ			
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ยรวม
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	4.80	5.00	5.00	4.93
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	5.00	5.00	5.00	5.00
เฉลี่ยรวม	4.90	5.00	5.00	4.97

จากตาราง พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเขียนโปรแกรม วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.97 โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคะแนนค่าเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 4.93

2. ผลการเปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนการจัดการเรียนรู้ แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t-test
		\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	
ความรู้ความจำ	8	4.96	0.94	6.96	0.79	10.77**
ความเข้าใจ	6	3.23	0.91	5.43	0.66	11.62**
การนำไปใช้	9	4.76	0.76	8.16	0.68	21.10**
การวิเคราะห์	7	3.93	0.77	5.96	0.70	11.60**
เฉลี่ยรวม	30	4.22	0.85	6.62	0.50	13.77**

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง หลังเรียนสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์หลังการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	คะแนนเต็ม	เกณฑ์ร้อยละ 80	หลังเรียน		t-test
			\bar{X}	SD	
ความรู้ความจำ	8	6.40	6.96	0.79	3.83**
ความเข้าใจ	6	4.80	5.43	0.66	5.11**
การนำไปใช้	9	7.20	8.16	0.68	7.57**
การวิเคราะห์	7	5.60	5.96	0.70	2.79**
ภาพรวม	30	24.00	26.51	0.64	4.82**

จากตาราง พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ภาพรวมมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 26.51 (SD=0.64) เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ผลการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะการเขียนโปรแกรม ระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ทักษะการเขียนโปรแกรม	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t-test
		\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	
หลักการ	7	3.33	1.07	6.10	0.75	11.22**
การใช้คำสั่ง	7	2.87	0.85	6.37	0.71	18.12**
การตรวจสอบแก้ไข	7	3.10	0.65	6.33	0.75	15.50**
เฉลี่ยรวม	21	3.10	0.86	6.27	0.73	14.94**

จากตาราง พบว่า คะแนนทักษะการเขียนโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5. ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบทักษะการเขียนโปรแกรม หลังการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80

ทักษะการเขียนโปรแกรม	คะแนนเต็ม	เกณฑ์ร้อยละ 80	หลังเรียน		t-test
			\bar{X}	SD	
หลักการ	7	5.60	6.10	0.75	3.60**
การใช้คำสั่ง	7	5.60	6.37	0.71	5.84**

ทักษะการเขียน โปรแกรม	คะแนนเต็ม	เกณฑ์ ร้อยละ 80	หลังเรียน		t-test
			\bar{X}	SD	
การตรวจสอบแก้ไข	7	5.60	6.33	0.75	5.29**
ภาพรวม	21	16.80	18.80	0.73	4.91**

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง พบว่า คะแนนทักษะการเขียนโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ภาพรวมมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 18.80 (SD=0.73) เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80 พบว่าคะแนนทักษะการเขียนโปรแกรมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

6. ผลวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง

รายการประเมิน	\bar{X}	SD	ระดับความพึงพอใจ
ด้านผู้สอน	4.43	0.53	มาก
1. ครูกระตุ้นให้นักเรียนได้ซักถาม	4.52	0.5	มากที่สุด
2. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน	4.86	0.33	มากที่สุด
3. ครูมีการเตรียมตัวที่ดี	4.24	0.63	มาก
4. ครูแจ้งรายละเอียดก่อนเรียนอย่างชัดเจน	4.18	0.61	มาก
5. ครูให้สื่อการสอนที่ทันสมัยและส่งเสริมการเรียนรู้ อย่างเหมาะสม	4.52	0.5	มากที่สุด
6. ครูตอบคำถามได้ชัดเจนตามข้อสงสัยของนักเรียน	4.86	0.33	มากที่สุด
7. ครูให้ความรู้ที่เข้าใจง่าย กระชับและ ชัดเจน	4.24	0.63	มาก
ด้านการจัดการเรียนรู้	4.41	0.53	มาก
8. ครูนักเรียนมีอิสระในการศึกษาค้นคว้าและ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น	4.62	0.49	มากที่สุด
9. นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง	4.43	0.46	มาก
10. ใช้เวลาในการเรียนการสอนได้เหมาะสม	4.42	0.46	มาก
11. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้สนุกและน่าสนใจ	4.39	0.54	มาก
12. การเรียนการสอนทำให้นักเรียนกล้าคิด กล้าตอบ และกล้าพูด	4.39	0.59	มาก
13. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	4.27	0.64	มาก
14. ครูใช้สื่อการสอนที่สอดคล้องกับเนื้อหา	4.35	0.58	มาก

รายการประเมิน	\bar{X}	SD	ระดับความพึงพอใจ
ด้านการวัดและประเมินผล	4.38	0.56	มาก
15. เนื้อหาที่เรียนสอนคล้องกับแบบทดสอบ	4.42	0.55	มาก
16. มีการเฉลยและอธิบายคำตอบ	4.47	0.56	มาก
17. เปิดเผยคะแนนที่ได้จากการวัดผล	4.21	0.62	มาก
18. ให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อนำไปสู่การพัฒนาตนเอง	4.47	0.56	มาก
19. การวัดและประเมินผลการเรียนมีความชัดเจนและยุติธรรม	4.39	0.51	มาก
20. มีการวัดและประเมินผลหลายรูปแบบ	4.34	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	4.38	0.54	มาก

จากตาราง ระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.38 (SD=0.54)

อภิปรายผล

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการเขียนโปรแกรม วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.97 ผลการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับการเรียนรู้ของนักเรียนกล่าวคือ แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบ ผลคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุดเนื่องจากแต่ละองค์ประกอบมีเนื้อหาสาระที่สอดคล้องกัน ทั้งนี้ในการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอนแต่ละขั้นตอนจะนำบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ มาร่วมออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีทักษะการเขียนโปรแกรมมากที่สุด ผลการวิจัยข้าง สอดคล้องกับงานวิจัยของสุนิสา ช้างพาลี, วิจัยรอง แสงอรุณเลิศ และ ภาคิน อินทร์ชิตจ้อย (2560) เรื่องการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยใช้ชุดปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน เพื่อเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) โดยใช้ชุดปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับเหมาะสมมาก ($\bar{x}=4.23$)

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ มีหลังเรียนสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้เนื่องจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเขียนโปรแกรมอย่างง่าย วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อมุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะเนื้อหาที่เรียนรู้มีคุณภาพเหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหาสาระ และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง วัดผ่านกระบวนการตรวจสอบหาค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตรงกับสิ่งที่ต้องการวัดอย่างแท้จริง รวมทั้งการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ (ทิตนา แชมมณี, 2553, น.190) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วนิดา อัดชีวะ (2556) ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และจากการเรียนการสอนในชั้นเรียนในชั้นที่ 4 ขึ้น ขยายความรู้และลงข้อสรุป เป็นขั้นที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้ศึกษาความรู้จากบทเรียนอีเลิร์นนิ่งที่มีทั้งการศึกษาค้นคว้าจาก YouTube และสุดท้ายผู้เรียนได้ระดมความคิดของตนเองให้ออกมาเป็นทักษะการเขียนโปรแกรมของตนเองได้

3. ทักษะการเขียนโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ การสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 และคะแนนทักษะการเขียนโปรแกรมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการวิจัยเป็น เช่นนี้ เนื่องจาก การจัดการเรียนรู้ด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและ เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย ซึ่งมี 7 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม ครูจะตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดง ความรู้เดิมออกมา เพื่อครูจะได้ทราบว่า ผู้เรียนแต่ละคนมีพื้นฐานความรู้เดิมเท่าไร เพื่อจะได้วางแผนการสอนได้ถูกต้อง 2) ขั้นสร้างความ สนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจจากความสงสัย เรื่องที่น่าสนใจจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น ครูเป็นคนกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะกระตุ้นโดยการเสนอประเด็นขึ้นก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้ นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา 3) ขั้นสำรวจและค้นหาจะต่อเนื่องจากขั้นสร้างความสนใจ ซึ่งเมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางตรวจสอบ ตรวจสอบ ตั้งสมมุติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น การเขียนโปรแกรม Scratch เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูลจาก เอกสารอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป 4) ขั้นอธิบาย เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมา อย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปรผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในด้านนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ได้แย้งกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็ สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ 5) ขั้นขยายความคิดเป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือ แนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้ มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องราวต่างๆ และทำให้เกิดความรู้ที่กว้างขวางขึ้น 6) ขั้นประเมินผลเป็น การประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้ะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การ นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆ 7) ขั้นนำความรู้ไปใช้ ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้เรียนมาไป ประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างเป็นความรู้ที่เรียกว่า การถ่ายโอนการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชัชรันต์ บุนมี (2554) เรื่อง ผลการเรียนรู้โดยใช้แบบฝึกเสริมทักษะการเขียน โปรแกรม ภาษาปาสคาลเบื้องต้น สำหรับนักศึกษาโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษาชั้นปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาโปรแกรม วิชาคอมพิวเตอร์ศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ผลการศึกษา พบว่า แบบฝึกทักษะมีประสิทธิภาพ 76.58/82.08 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.38 (SD=0.54) เนื่องมาจากการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหา ความรู้ทำให้นักเรียนได้สำรวจและเรียนรู้จากการปฏิบัติทดลองจริงทำให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียน ผู้สอนจะ กระตุ้นให้ผู้เรียนสะสมมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในการเรียน เล่นเกม Kahoot เล่นเกมตอบคำถามให้คะแนน กระตุ้นให้ผู้เรียนทำ สิ่งที่ดีแสดงพฤติกรรมที่ดี และแสดงความรักโดยการชมเชย ยกย่อง ให้กำลังใจผู้เรียนในการทำพฤติกรรมที่ดีต่อไป ในด้านการ จัดการเรียนรู้ผู้สอนได้ใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียน ได้มีส่วนร่วมในการเรียน ทำให้ผู้เรียนไม่รู้สึกกดดัน ไม่เครียด และสนุกกับกิจกรรมการเรียน เช่นเดียวกับ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552: 332) ที่กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ มีความอิสระ มีชีวิตชีวาและ

สนุกสนานกับการเรียน ทำให้มีเจตคติที่ดีต่อวิธีการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สายพิน มาวรณ (2551) ซึ่งได้ทำวิจัย เรื่อง ผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ผังมโนทัศน์ประกอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ผังมโนทัศน์ประกอบมีความพึงพอใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

สรุป

จากผลการวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเขียนโปรแกรม วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. ผลการสร้างและหาคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.97
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
4. ทักษะการเขียนโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
5. คะแนนทักษะการเขียนโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
6. ระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (7Es) ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.38

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.
- คณิตกร เสมพีช. (2562). การพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง เรื่อง การเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาสำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ :สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แคมป์ปัส. วิทยาการคำนวณ วิชาใหม่ของนักเรียนไทย. สืบค้นเมื่อ 16 สิงหาคม 2564 จาก <https://campus.campus-star.com/education/62881.html>
- ชัยรัตน์ บุมิ. (2554). ผลการเรียนรู้โดยใช้แบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาปาสคาลเบื้องต้นสำหรับนักศึกษาโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา ชั้นปีที่1. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2552). 80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: แดเน็กซ์อินเตอร์คอปอเรชั่น.

- วนิดา อัดตะชีวะ. (2556). ผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ผังมโนทัศน์ประกอบที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่1. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาการจัดการหลักสูตร และการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. วรวิทย์ นิเทศศิลป์ . (2551). สื่อและนวัตกรรมแห่งการเรียนรู้. ปทุมธานี: สกายบุ๊กส์.
- สายพิน มาวรรณ. (2551). ผลการใช้แผนผังมโนทัศน์ประกอบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนและความสามารถในการนำเสนอผลงานทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ค.ม. นครสวรรค์. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- สุนิสา ช้างพาลี, วิริงรอง แสงอรุณเลิศ และภาคิน อินทร์ชิตจ้อย. (2560). การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ชั้นโดยใช้ชุด ปฏิบัติ การเคมีแบบย่อส่วน เพื่อเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสารบัณฑิต วิจัย, 8(2), 83-99.
- สุดารัตน์ สุขเจริญ. (2558). การพัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง เรื่อง การเลือกซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมกับงานสำหรับชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิตมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนและทักษะการสืบค้นข้อมูล รายวิชา เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ)

ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ชนิกานต์ ธรรมดิษฐ์^{1*} เพ็ญพัชกร นภากุล²

บทคัดย่อ

วิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม 2) เปรียบเทียบทักษะการสืบค้นข้อมูล กับเกณฑ์ร้อยละ 70 3) ศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนโรงเรียนวัดท่าเหี้ยชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 1 ห้องเรียน โดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบประเมินทักษะการสืบค้นข้อมูล 4) แบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย (μ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) และสถิติทดสอบวิลคอกซัน (Wilcoxon)

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ทักษะการสืบค้นข้อมูล หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม พบว่า โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\mu = 4.53$) และ ($\sigma = 0.57$)

ความสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es การใช้คำถามของบลูม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการสืบค้นข้อมูล ความพึงพอใจ

¹นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 90000

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา (อาจารย์ที่ปรึกษา) 90000

*Corresponding author: 63G191023@parichat.skru.ac.th

The 5 Es of Inquiry-Based Learning with Bloom's Taxonomy on learning achievement and Information Retrieval Skills for (Computing science) grade 5

Chanikan Thammadit^{1*} Penpak Napakul²

Abstract

The objectives of this study were 1) to compare the learning achievement before and after using the 5Es Inquiry-Based Learning with Bloom's Taxonomy Question Stems, 2) to compare the information retrieval skill Stems with the criteria of 70%, and 3) to study the satisfaction of students. The sample used in the study was one class of grade 5 students at Watthayee School, who enrolled in the semester 2 of academic year 2022. They were selected by using Cluster Random Sampling. The instruments used in the study were 1) the learning management plan of 5Es Inquiry-Based Learning with Bloom's Taxonomy Question Stems, 2) the learning achievement test, 3) the information retrieval skill assessment form, and 4) the satisfaction assessment on learning. The statistics used to interpret the data were percentages, means (μ), standard deviation (σ) and Wilcoxon Test.

The results of the study revealed that 1) the students' learning achievement on Technology subject (Computing Science) after using the 5Es Inquiry-Based Learning with Bloom's Taxonomy Question Stems was higher than before learning that showed statically significant at .05. 2) Students' information retrieval skill after using the 5Es Inquiry-Based Learning with Bloom's Taxonomy Question Stems was higher than the criteria of 70% that showed statically significant at .05. And 3) the students were overall satisfied on the 5Es Inquiry-Based Learning with Bloom's Taxonomy Question Stems at the highest level ($\mu = 4.53$), ($\sigma = 0.57$).

Keywords: the 5Es Inquiry-Based Learning, Bloom's Taxonomy Question Stems, learning achievement, information retrieval skill, satisfaction

บทนำ

การจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงเป็นผลมาจากความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยี เทคโนโลยีได้เข้ามา มีบทบาทในการจัดการเรียนการสอนอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสืบค้นข้อมูล ทางอินเทอร์เน็ต เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียน ได้เลือกเรียนรู้ในสิ่งที่ตนเองสนใจและเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ กระทรวงศึกษาธิการ ได้กำหนดให้รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) อยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งมีเป้าหมายพัฒนาผู้เรียนให้ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณ สามารถคิด วิเคราะห์ แก้ปัญหา อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ สามารถค้นหาข้อมูลหรือสารสนเทศ ประเมิน จัดการ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และนำเสนอสารสนเทศไปใช้ในการแก้ปัญหาประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง และทำงานร่วมกันอย่างสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

การจัดการเรียนรู้มีความสำคัญกับนักเรียนอย่างมาก ได้กำหนดเกณฑ์ให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) เฉลี่ยร้อยละ 70 แต่จากข้อมูลคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โรงเรียนในเครือข่ายควนโส ห้วยลึกจำนวน 7 โรงเรียน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 65.5 นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งเป็นเกณฑ์ตามที่กำหนด และจากข้อมูลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ผลปรากฏว่านักเรียนมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ ยังไม่ประสบผลสำเร็จ จากการสังเกตและการศึกษาสภาพปัญหาดังกล่าวพบว่าปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่ ค้นหาข้อมูลได้จำนวนมากแต่ไม่ทราบว่าจะจัดการกับข้อมูลเหล่านั้นได้อย่างไร โดยเริ่มตั้งแต่ การรวบรวม การวิเคราะห์ การเรียบเรียงหรือจัดระบบข้อมูลและที่สำคัญการใช้ ข้อมูลเพื่อจัดการกับปัญหาเมื่อกำหนด ข้อคำถาม แล้วให้ผู้เรียนทำกิจกรรมพบว่าขาดการวิเคราะห์ข้อมูล และแหล่งสารสนเทศต่าง ๆ จึงส่งผลทำให้ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่ผู้สอนกำหนดไว้ ฉะนั้น จึงมีความจำเป็นที่ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ทักษะการสืบค้นข้อมูล และสามารถวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูลได้ก่อนที่จะนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ในการทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย (โรงเรียนวัดท่าหยี. 2563)

การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es เป็นการจัดการกระบวนการเรียนรู้โดยให้นักเรียนค้นหาความจริงโดยการแสวงหาความรู้ มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดหาเหตุผลลงมือปฏิบัติ สำรวจตรวจสอบ ศศิธร เวียงวงษ์ (2556 : 147) ซึ่งสอดคล้องกับ ทิศนา แคมมณี (2555 : 141) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เป็นการดำเนินการเรียนการสอนโดยผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือเสาะหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล และการทำงานร่วมกับผู้อื่น

การใช้คำถามของบลูมมุ่งให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าหาความรู้สามารถแก้ปัญหาและสรุปแนวคิดได้ด้วยตนเอง ด้วยการใช้อคำถามเป็นสื่อในการเรียนรู้ ซึ่งคำถามที่เหมาะสมจะทำให้ได้ประโยชน์ในการเรียนการสอนและเป็นประโยชน์ต่อทักษะการสืบค้นข้อมูล โดยการค้นหาข้อมูลเพื่อทำการสิ่งใดสิ่งหนึ่งต้องพิจารณาข้อมูลที่ดีที่สุดที่สามารถตัดสินใจได้ว่าข้อมูลใดน่าเชื่อถือ ไม่น่าเชื่อถือ กุณิศรา จิตรชญาวัฒน์ (2562 : 48) ได้กล่าวถึง เทคนิคการใช้คำถามเป็นเทคนิคการสอนที่มีประสิทธิภาพในการเรียนการสอน นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้ดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับการถามคำถามของผู้สอน ถ้าผู้สอนมีทักษะและเทคนิคในการถามคำถาม จะทำให้การจัดการเรียนรู้ที่มีคุณค่างานให้นักเรียนสามารถค้นคว้าหาความรู้ แก้ปัญหา และสรุปแนวคิดหลักได้ด้วยตนเอง

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม เป็นวิธีสอนแบบหนึ่งที่จะสามารถส่งเสริมให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ในเรื่องที่น่าสนใจ และนำมาเป็นข้อสรุป และผู้วิจัยยังให้ความสำคัญกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es นั้น ต้องใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนนำคำตอบที่ได้จากคำถามมาประมวลเป็นข้อสรุป ทำให้นักเรียนมีความคิดอย่างมีระบบ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น จากวิธีสอนดังกล่าว ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม จะส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถด้านทักษะการสืบค้นข้อมูล สามารถใช้ในการตัดสินใจอย่างถูกต้องของข้อมูลภายใต้การพิจารณา ไตร่ตรองอย่างรอบคอบมีเหตุผล และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

วิธีการวิจัย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสืบค้นข้อมูล หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม กับเกณฑ์ร้อยละ 70
3. เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จากโรงเรียนในเครือข่ายควนโศกห้วยลึก จำนวน 7 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนบ้านบ่อห้วย โรงเรียนวัดปากจำ โรงเรียนบ้านควนโศก โรงเรียนวัดท่าหยี โรงเรียนบ้านหัวไทร โรงเรียนบ้านห้วยลึก โรงเรียนบ้านหัวปาย จำนวนนักเรียนทั้งหมด 85 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนโรงเรียนวัดท่าหยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

ตัวแปรที่ศึกษามีดังนี้

ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูม

ตัวแปรตาม ได้แก่

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชา เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ)
2. ทักษะการสืบค้นข้อมูล
3. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูม เรื่อง ข้อมูลสารสนเทศ จำนวน 6 แผน
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องข้อมูลสารสนเทศ เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ
3. แบบประเมินทักษะการสืบค้นข้อมูล 1 ฉบับ โดยใช้เกณฑ์การประเมิน Rubrics 3 ระดับ
4. แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูม แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูม ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม โดยดำเนินการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชา เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ข้อมูลสารสนเทศ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม

ใช้คำถามของบลูม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ ($\mu = 17.00$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\sigma = 1.56$) สูงกว่าก่อนเรียน ($\mu = 14.3$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\sigma = 2.21$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยหลังการจัดการเรียนรู้มี

คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะการสืบค้นข้อมูล ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม โดยใช้คะแนนหลังการจัดการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะการสืบค้นข้อมูลหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม พบว่า ระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูม ในรายวิชา เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) เรื่อง ข้อมูลสารสนเทศ โดยภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูม โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 โดยด้านประโยชน์ที่ได้รับมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.80 ด้านการจัดการเรียนรู้ 4.60 ด้านการวัดและประเมินผล 4.47 ด้านบทบาทผู้เรียน 4.42 และด้านบทบาทผู้สอน 4.38

อภิปรายผล

จากผลการวิจัย การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสืบค้นข้อมูล รายวิชา เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดท่าหยี

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม ในรายวิชา เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) เรื่อง ข้อมูลสารสนเทศ ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม มีความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 โดยหลังเรียนนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 17.00 คะแนน จากคะแนนเต็มหลังการจัดการเรียนรู้ 20 คะแนน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\sigma = 1.56$) สูงกว่าก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรียนรู้ 14.3 คะแนน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\sigma = 2.21$) ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้ เนื่องจาก การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es เป็นการจัดการกระบวนการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนค้นหาความจริงโดยการแสวงหาความรู้ มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดหาเหตุผลลงมือปฏิบัติสำรวจตรวจสอบ เน้นให้ ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ด้วยตนเองความรู้ที่ได้จะคงอยู่ในความทรงจำระยะยาวครูไม่สามารถสร้างได้แต่ครูเป็นเพียงผู้จัดการให้เกิดประสบการณ์เรียนรู้ ศศิธร เวียงวะลัย (2556 : 147) ซึ่งสอดคล้องกับ ทิศนา ขัมมณี (2555 : 141) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เป็นการดำเนินการเรียนการสอนโดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือเสาะหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล และสอดคล้องกับ (ศิริวรรณ เอี่ยมประเสริฐ, 2563) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา

ความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูม จึงเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น และส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถด้านการแสวงหาความรู้ สามารถใช้ในการตัดสินใจอย่างถูกต้องภายใต้การพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบมีเหตุผล และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะการสืบค้นข้อมูล หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยภาพรวม พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะการสืบค้นข้อมูลหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยภาพรวมมีคะแนน 16.4 จากคะแนนเต็มหลังการจัดการเรียนรู้ 18 คะแนนโดยมีค่าเฉลี่ยหลังการจัดการเรียนรู้ ($\mu = 16.4$, $\sigma = 2.34$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ด้านระบุสาระและคำสำคัญเพื่อการสืบค้น ($\mu = 2.90$, $\sigma = 0.31$) การเข้าถึงข้อมูล ($\mu = 2.90$, $\sigma = 0.31$) นำเสนอข้อมูล ($\mu = 2.90$, $\sigma = 0.31$) สรุปกระบวนการสืบค้น ($\mu = 2.80$, $\sigma = 0.42$) ประมวลผลข้อมูล ($\mu = 2.60$, $\sigma = 0.51$) ประเมินสารสนเทศ ($\mu = 2.30$, $\sigma = 0.48$) ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้เนื่องจาก ทักษะการสืบค้นข้อมูลเป็นสิ่งที่นักเรียน ต้องเรียนรู้และให้ความสำคัญอย่างมาก ได้มีการจัดการเรียนการสอนในเรื่องของทักษะการรู้สารสนเทศเพื่อเป็นพื้นฐานของการค้นคว้าด้วยตนเองนำไปสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต การพัฒนาทักษะการสืบค้นข้อมูลนั้นช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้สารสนเทศได้อย่างสมบูรณ์ (จิตชิน จิตติสุขพงษ์, 2558) สอดคล้องกับ พัชรีย์ ปิยภณช์ (2558:) กระบวนการพัฒนาทักษะการสืบค้นข้อมูลและตั้งโจทย์วิจัยของนักศึกษาคณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี ผลการวิจัยพบว่า จำนวนนักศึกษาร้อยละ 73.68 สามารถสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ได้ตั้งแต่ 2 แหล่งขึ้นไป จำนวนนักศึกษา ร้อยละ 71.05 ที่ข้อมูลที่สืบค้นได้มีความน่าเชื่อถือ ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูมกับเกณฑ์ร้อยละ 70 เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาทักษะการสืบค้นข้อมูล ที่ทำให้นักเรียนระบุสาระสำคัญในการค้นหาตามระดับได้ ซึ่งเป็นการพัฒนาต่อยอดในการจัดการเรียนรู้และสามารถนำทักษะการสืบค้นข้อมูลไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการเรียนรู้ สามารถสืบค้นข้อมูลที่ต้องการได้ เข้าถึงข้อมูล และนำเสนอข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

3. ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม ในรายวิชา เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) เรื่อง ข้อมูลสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูม โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 โดยด้านประโยชน์ที่ได้รับมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.80 ด้านการจัดการเรียนรู้ 4.60 ด้านการวัดและประเมินผล 4.47 ด้านบทบาทผู้เรียน 4.42 และด้านบทบาทผู้สอน 4.38 จากผลการประเมินความพึงพอใจ นักเรียนจะให้ความสำคัญในด้านประโยชน์ที่ได้รับมากที่สุด ซึ่งด้านประโยชน์ที่ได้รับเป็นการเรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอน เป็น การคิดค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเอง และสามารถพัฒนาทักษะการสืบค้นข้อมูลที่ดีขึ้น ส่วนด้านบทบาทของผู้สอนนักเรียนจะให้ความสำคัญน้อยที่สุด เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูม เน้นการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ มีการกำหนดกิจกรรมให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกคิด ลงมือปฏิบัติ ออกแบบ บันทึกข้อมูล ด้วยตนเอง โดยมีครูคอยตรวจสอบและอำนวยความสะดวกให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ ครูมีหน้าที่เพียงจัดสภาพ การเรียนการสอนให้เอื้อต่อการเรียนรู้เท่านั้น ดังนั้น ความพึงพอใจเป็น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดได้นั้น ครูผู้สอนต้องคำนึงถึงบรรยากาศในการเรียนรู้ของนักเรียน จัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้ เพื่อตอบสนอง ความต้องการของนักเรียน ให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยความสุข เกิดความพึงพอใจในการเรียน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่กระตุ้นให้นักเรียน เกิดความต้องการที่จะเรียน ก่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการเรียนรู้ที่นำไปสู่เป้าหมายตามที่กำหนดไว้ สุภารัตน์ อะห์ลีแอ (2558: 48) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจว่า หมายถึง ความรู้สึกดี ความชอบ และการให้คุณค่าของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ อันเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ ผู้สอน ความพร้อมและบรรยากาศของการจัดการเรียนรู้ รวมถึงการที่ ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมแล้วประสบผลสำเร็จตามความต้องการของผู้เรียนซึ่งสอดคล้องกับ อับดุลเลาะ อุมาร์ (2560: 102) ได้

ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมมูลเคมี ที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเดชะปัตตานียานุกูล จังหวัดปัตตานี ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

จากผลการวิจัยและการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้สรุปได้ว่า หากนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี และทักษะการสืบค้นข้อมูลที่ดี และทำให้ความพึงพอใจต่อผู้เรียนอยู่ในระดับมากที่สุด ดังผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัยข้างต้น

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสืบค้นข้อมูล รายวิชา เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชา เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) เรื่อง ข้อมูลสารสนเทศ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า หลังจากนักเรียนที่ได้เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูม เรื่อง ข้อมูลสารสนเทศ มีความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะการสืบค้นข้อมูล หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม กับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะการสืบค้นข้อมูลหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบลูม สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 16.4 คะแนน จากคะแนนเต็ม 18 คะแนน ซึ่งคะแนนร้อยละ 70 จะคิดเป็น 12.6 คะแนน

3. ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูม ในรายวิชา เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) เรื่อง ข้อมูลสารสนเทศ โดยภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับ เทคนิคการใช้คำถามของบลูม อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53

คำขอบคุณ

การวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญพักตร์ นภากุล อาจารย์ที่ปรึกษาหลักการค้นคว้าอิสระ ที่ได้ให้ความรู้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการค้นคว้าอิสระ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องในการดำเนินงานด้านต่าง ๆ ทั้งยังคงคอยเอาใจใส่คอยติดตามความก้าวหน้าของผู้วิจัยตลอดมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือทุกท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น และผู้อำนวยการโรงเรียนในเครือข่ายควนโสทัยศึกษา ที่กรุณาอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครู และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดท่าหยี จังหวัดสงขลา ที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างยิ่งในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขอขอบคุณครอบครัวที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ส่งเสริม สนับสนุนทั้งให้กำลังใจที่ดี ในการศึกษาครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง คุณค่าและประโยชน์ของการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูตเวทีแด่บิดามารดาและบูรพาจารย์ที่เคยอบรมสั่งสอน รวมทั้งผู้มีพระคุณทุกท่าน ตลอดจนสถานบันการศึกษาต่าง ๆ ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่าง ๆ ให้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- จิตชิน จิตติสุขพงษ์. (2558). *รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะการสืบค้นสารสนเทศสำหรับนักศึกษา ในระดับอุดมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- ทิตนา แคมมณี . (2555). *ศาสตร์ การสอน:องค์ความรู้ เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ ที่มี ประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 13). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- พัชรี ปิยภัณฑ (2558). *กระบวนการพัฒนาทักษะการสืบค้นข้อมูลและตั้งโจทย์วิจัยของนักศึกษาคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี*. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 9(1) , 43-51.
- กุลิสรา จิตรชญาณิช (2562 : 48). *การจัดการเรียนรู้*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ศศิธร เวียงวงษ์. (2556). *การจัดการเรียนรู้ Learning management*. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้ง กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ศิริวรรณ เอี่ยมประเสริฐ (2563). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิค การใช้คำถามที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเมโนทัศน์ในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 . คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*
- สุดารัตน์ อะหลีแอ. (2558). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)
- โรงเรียนวัดท่าหยี. (2563). *หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนวัดท่าหยี* กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. สงขลา : กลุ่มงานวิชาการ
- อับดุลเลาะ อุมาร์ (2560). *ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมดุคเคมี ที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเดชะปัตตานยานุกูล จังหวัดปัตตานี*. วิทยานิพนธ์การศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



Session
มนุษยศาสตร์
และสังคมศาสตร์

การมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของอาสาสมัครพิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหมู่บ้านจังหวัดพัทลุง

กนกรัตน์ รัตนพันธ์^{1*} นุชนาฏ นิลอ¹ และ บุญจงรักษ์ จิวรัตน์²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเพื่อศึกษาความรู้ การมีส่วนร่วมเกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของอาสาสมัครพิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหมู่บ้านจังหวัดพัทลุง (ทสม. จังหวัดพัทลุง) เปรียบเทียบระดับความรู้และการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของ ทสม. จังหวัดพัทลุง โดยเป็นงานวิจัยเชิงปริมาณ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย คือ ทสม. จังหวัดพัทลุง จำนวน 260 คน ทั้ง 11 อำเภอของจังหวัดพัทลุง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ค่าสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วย t-test

ผลการศึกษา พบว่า ทสม. จังหวัดพัทลุง มีความรู้เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับมาก ร้อยละ 80.8 และระดับปานกลางร้อยละ 19.2 มีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในภาพรวม ($\bar{X} = 3.4120$ S.D. = 0.7285) อยู่ในระดับปานกลาง แต่มีส่วนร่วมในการค้นหาปัญหาและสาเหตุของปัญหา ($\bar{X} = 3.5854$ S.D. = 0.67836) และการมีส่วนร่วมดำเนินการ ($\bar{X} = 3.6513$ S.D. = .62049) อยู่ในระดับมาก และเมื่อเปรียบเทียบระดับความรู้และการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของ ทสม. จังหวัดพัทลุง พบว่า ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: อาสาสมัครพิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหมู่บ้าน ทสม. การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การมีส่วนร่วม

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง 92150

¹ Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang, 92150

² ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการกำจัดขยะและบำบัดน้ำเสียอันเนื่องมาจากพระราชดำริภายใต้

²The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Technology Transfer Center

Natural Resources and Environmental Protection Volunteers Participation in Natural Resources and Environment Management, Phatthalung Province

Kanokrat Rattanapan^{1*} Nuchanat Ninlaor¹ and Boonjongrak Jewton²

Abstract

This research aimed to study the participation on natural resource and environmental management of Natural Resources and Environmental Protection Volunteer “(NEV)” in the village of Phatthalung province. This research compared the level of natural management knowledge and the level of NEGV’s participation. The study was quantitative research. The sample consisted of 260 Phattalung NEV from 11 districts. The data were gathered by using a questionnaire. The collecting data were analyzed using means score, percentage, Standard Deviation, and t-test.

The results found that the level of Phatthalung NEV’s knowledge was rated as high and moderate. 80.8% of the sample had natural and environment management concerns as high level. The rest of 19.2% was rated as moderate level. The average of overall criteria score on management of natural resource and environment participation was $\bar{x} = 3.4120$ S.D. = 0.7285. This was in the range of moderate. However, the participation on tracing and solving the problems of Phatthalung NEV’s was rated as high ($\bar{x} = 3.5854$ S.D. = 0.67836). The finding on participatory of cooperative and operation of Phatthalung NEV was high level ($\bar{x} = 3.6513$ S.D. = .62049). There was no significant difference between the level of Phatthalung NEV’s knowledge concerns and the participation on natural resource management and environment at 95% confident level.

Keywords: Natural Resources and Environmental Protection Volunteer, NEV, natural resource and environmental management, participation

บทนำ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั่วโลกในขณะนี้ สาเหตุหนึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรอย่างรวดเร็ว ดังจะเห็นได้จากในปี 2000 จำนวนประชากรในเมืองของโลกมีถึง 2.9 พันล้านคน และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 5.0 พันล้านคนในปี 2030 นอกจากนี้จากสถิติยังพบว่าประชากรมีการย้ายถิ่นฐานจากชนบทเข้าสู่เขตเมืองมากยิ่งขึ้น เป็นผลให้จำนวนประชากรในเมืองมากกว่าในประชากรชนบท (Shafiqul & Syed, 2006) อีกทั้งการเจริญเติบโตทางด้านอุตสาหกรรมในประเทศกำลังพัฒนาที่ขาดการดูแลและเอาใจใส่ต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเกิดปัญหาหลายภาวะเป็นพิษ ได้แก่ ปัญหาน้ำเสีย มลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง ของเสียอันตราย ดินเสื่อมคุณภาพ ระบบนิเวศถูกทำลาย จากสาเหตุเหล่านี้ส่งผลให้คุณภาพสิ่งแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลง ปัญหาสิ่งแวดล้อมนับวันจะทวีความรุนแรง โดยมีสัญญาณบอกเหตุหลายประการที่แสดงว่า สภาพแวดล้อมกำลังอยู่ในสภาวะเสื่อมโทรม เช่น การเกิดภาวะโลกร้อน การเกิดอุทกภัย วาตภัย เป็นต้น ดังจะเห็นได้จากอุทกภัยในหลายประเทศในปี พ.ศ. 2559 ที่ผ่านมา ในประเทศเยอรมนี ฝรั่งเศส ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา รัสเซีย หรือแม้แต่ในประเทศไทยเองก็ตาม ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตในทั่วทุกมุมโลกเป็นอย่างมาก ทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ คุณภาพชีวิตและการดำเนินชีวิต

จังหวัดพิจิตร ซึ่งตั้งอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทยหรือฝั่งตะวันตกของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (Songkhla Lake Basin) ภูมิประเทศที่มีลักษณะเป็นภูเขาและที่ราบสูง ทางด้านตะวันตกอันประกอบด้วย เทือกเขาบรรทัด มีระดับสูงจาก น้ำทะเลปานกลาง ประมาณ 50 - 1,000 เมตร ส่วนใหญ่เป็นป่าไม้ เช่น สวนยางพารา สวนไม้ผลและไม้ยืนต้น ถัดลงมาทางด้านตะวันออกเป็นที่ราบลุ่มที่ตอน มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ย 0 - 15 เมตร บริเวณนี้ (สำนักงานจังหวัดพิจิตร, 2561) ทำให้ประชาชนที่อาศัยอยู่ในจังหวัดพิจิตรมีวิถีชีวิตที่ผูกพันกับธรรมชาติ โดยอาศัยทรัพยากรธรรมชาติจากผืนป่าเป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วยดิน น้ำ ป่า ไม้ แต่ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาจังหวัดพิจิตรเกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปัญหาด้านการจัดการขยะมูลฝอย ปัญหาด้านทรัพยากรป่าไม้ ปัญหาการขาดแคลนน้ำในการอุปโภคและบริโภคในช่วงหน้าแล้ง ตลอดจนปัญหาน้ำท่วมหลายครั้งในแต่ละปี

จากปัญหาดังกล่าว ส่งผลให้เกิดเครือข่ายอาสาสมัครพิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหมู่บ้าน (ทสม.) ภายใต้การกำกับดูแลของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างความเข้มแข็ง กระบวนการเรียนรู้ และพึ่งตนเองของชุมชนในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน และเพื่อประสานงานการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมระหว่างระดับนโยบายและระดับชุมชน ตลอดจนเพื่อส่งเสริมให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการดำเนินงานด้านการอนุรักษ์ และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในทุกๆระดับ (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558) จากข้อมูล กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2561) เมื่อวันที่ 16 มีนาคม 2561 จังหวัดพิจิตรมีสมาชิก ทสม.ทั้งหมด 721 คน

ดังนั้นจากวัตถุประสงค์ดังกล่าว ทสม. ควรมีความรู้เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของหมู่บ้าน เพื่อให้สามารถดำเนินงานได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาความรู้และการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของอาสาสมัครพิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหมู่บ้านจังหวัดพิจิตร เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพของ ทสม. จังหวัดพิจิตร ให้สามารถบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในหมู่บ้านได้อย่างยั่งยืน

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research)

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. สถานที่ดำเนินการวิจัย

สถานที่ดำเนินการวิจัย คือ 11 อำเภอ ของจังหวัดพัทลุง ประกอบด้วย อำเภอกงหรา อำเภอเขาชัยสน อำเภอควนขนุน อำเภอตะโหมด อำเภอบางแก้ว อำเภอปากพะยูน อำเภอป่าบอน อำเภอป่าพะยอม อำเภอเมือง อำเภอศรีนครินทร์ และอำเภอศรีบรรพต

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ทสม. จังหวัดพัทลุง จำนวน 721 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ ทสม. จังหวัดพัทลุง จำนวน 260 คน โดยใช้วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างของ Krejcie และ Morgan (1970) (ส่งศักดิ์ และคณะ, 2559) และเลือกตัวอย่างโดยใช้หลักความน่าจะเป็น (Probability Sampling) ด้วยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มอำเภอ 11 อำเภอ และกำหนดขนาดแบบสัดส่วนเท่ากัน (Stratified Random Sampling with probability proportional to size) ซึ่งเป็นการกำหนดขนาดสัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มย่อยตามสัดส่วนขนาดของกลุ่มตัวอย่างต่อขนาดของประชากร จะได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มในสัดส่วนที่เท่ากัน และเลือกกลุ่มตัวอย่างที่สมัครใจจะให้ข้อมูลซึ่งมีอายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป เนื่องจากเป็นที่บรรลุนิติภาวะตามกฎหมายหรืออยู่ในวัยผู้ใหญ่ จึงสามารถให้ข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้เป็นอย่างดี (พรธณี, 2555)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ แบบสอบถามเรื่องการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสำหรับ ทสม. จังหวัดพัทลุง โดยแบ่งแบบสอบถามออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นแบบสอบถามชนิดเลือกตอบ เนื่องจากแบบสอบถามประเภทนี้มักใช้เมื่อต้องการวัดความรู้ หรือเป็นแบบทดสอบที่มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว (สนใจ, 2554)

สำหรับเกณฑ์การแปลความหมายระดับคะแนนความรู้เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของ ทสม. จังหวัดพัทลุง ดังนี้

คะแนนตั้งแต่ 0 – 6	หมายความว่า มีความรู้อยู่ในระดับต่ำ
คะแนนตั้งแต่ 7 – 13	หมายความว่า มีความรู้ในระดับปานกลาง
คะแนนตั้งแต่ 14 – 20	หมายความว่า มีความรู้ในระดับสูง

ตอนที่ 3 การมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยแบบสอบถามจะมีข้อความให้ผู้ตอบพิจารณา ซึ่งลักษณะคำถามเป็นข้อความที่ให้ความสำคัญต่อการมีส่วนร่วมในแต่ละด้าน คือ การค้นหาปัญหาและสาเหตุของปัญหา การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน การมีส่วนร่วมคิด ร่วมแสดงความคิดเห็น การมีส่วนร่วมพิจารณา ร่วมตัดสินใจ การมีส่วนร่วมติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผล และการมีส่วนร่วมรับผล ซึ่งมีคำตอบที่แสดงระดับการมีส่วนร่วม 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด (รัฐพล, 2554)

สำหรับเกณฑ์การแปลความหมายระดับการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสำหรับ ทสม. จังหวัดพัทลุง ดังนี้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.21 – 5.00 หมายความว่า มีส่วนรวมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.41 – 4.20 หมายความว่า มีส่วนรวมมาก

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.61 – 3.40 หมายความว่า มีส่วนรวมปานกลาง

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.81 – 2.60 หมายความว่า มีส่วนรบน้อย

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 – 1.80 หมายความว่า มีส่วนรบน้อยที่สุด

ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะอื่นๆ เพิ่มเติม เป็นแบบสอบถามแบบปลายเปิด (Opened Form) เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้ตอบมีอิสระในการตอบสามารถแสดงความคิดเห็นและความรู้สึกของตนโดยไม่ถูกบังคับให้ตอบ (บุญเลี้ยง, 2555)

การสร้างและการหาคคุณภาพแบบสอบถามการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสำหรับ ทสม. จังหวัดพัทลุง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาค้นคว้าจากทฤษฎี เอกสารรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 กำหนดรูปแบบของคำถามที่จะใช้ในแบบสอบถามให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

3.3 ร่างแบบสอบถาม ร่างข้อความโดยพิจารณาจากตอนต่างๆ ที่กำหนดไว้

3.4 ตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบไปด้วย ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านแบบสอบถามจำนวน 2 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาและการใช้ภาษา โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างประเด็นที่ต้องการวัดกับข้อความคำถามที่สร้างขึ้น ผู้วิจัยนำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านมาคำนวณหาค่าความตรงตามเนื้อหา ซึ่งคำนวณจาก ความสอดคล้องระหว่างประเด็นที่ต้องการวัดกับคำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ดัชนีที่ใช้แสดงความสอดคล้องของเครื่องมือเรียกว่า ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อความคำถามกับวัตถุประสงค์ (Item Objective Congruence index: IOC) ซึ่งเป็นเทคนิควิธีของ โรวินเนลลี (Rovinelli) และแฮมเบิลตัน (Hambleton) โดยค่า IOC มีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 ข้อความคำถามที่ดีควรมีค่า IOC ใกล้ 1 ส่วนข้อความคำถามมีค่าต่ำกว่า 0.5 ควรปรับปรุง แก้ไข หรือควรตัดทิ้งไป

3.5 นำแบบสอบถามที่ผ่านจากพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มทดลองที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างที่เราจะศึกษา นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม

4. การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

4.1 ประสานงานกับสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดพัทลุง

4.2 ประสานงานกับกลุ่มอาสาสมัครทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหมู่บ้านจังหวัดพัทลุงเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4.3 เก็บรวบรวมข้อมูลโดยนำแบบสอบถามไปส่งให้กลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง จำนวน 256 คน ใน 11 อำเภอ แล้วรอรับแบบสอบถามกลับมาทันที ซึ่งผู้วิจัยจะอธิบายวัตถุประสงค์และวิธีการตอบให้กับกลุ่มตัวอย่างได้เข้าใจก่อนลงมือตอบ (บุญเลี้ยง, 2555)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม นำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติ คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าร้อยละ (Percentage) และใช้ One – way ANOVA ในการทดสอบสมมติฐาน

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของอาสาสมัครพิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหมู่บ้านจังหวัดพัทลุง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ทสม. จังหวัดพัทลุง ส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับมากร้อยละ 80.8 และระดับปานกลางร้อยละ 19.2 เนื่องจาก กองอาสาสมัครพิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2558) จะมีการจัดอบรมให้กับ ทสม. ที่สมัครเข้าเป็นสมาชิกใหม่ หรือสมาชิกที่ยังไม่ผ่านการฝึกอบรมในหลักสูตรใดๆ มาก่อน ในทุกปี ด้วยหลักสูตรมาตรฐาน ทสม. ซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่จำเป็นต่อการพัฒนา มโนทัศน์ ความรู้พื้นฐาน ทักษะและประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ทสม. จังหวัดพัทลุง มีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{x} = 3.4120 S.D. = 0.7285) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน โดยเรียงลำดับจากด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากไปน้อย พบว่า ด้านการมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน (\bar{x} = 3.6513 S.D. = .62049) และด้านการค้นหาปัญหาและสาเหตุของปัญหา (\bar{x} = 3.5854 S.D. = .67836) อยู่ในระดับมาก ตามลำดับ ส่วนการมีส่วนร่วมพิจารณา ร่วมตัดสินใจ (\bar{x} = 3.3801 S.D. = .79941) การมีส่วนร่วมติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผล (\bar{x} = 3.2981 S.D. = .75767) ด้านการมีส่วนร่วมคิด ร่วมแสดงความคิดเห็น (\bar{x} = 3.2831 S.D. = .75195) และด้านการมีส่วนร่วมรับผล (\bar{x} = 3.2738 S.D. = .76310) อยู่ในระดับปานกลาง ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของ ทสม. จังหวัดพัทลุง

การมีส่วนร่วม	\bar{x}	S.D.	ระดับการมีส่วนร่วม
การค้นหาปัญหาและสาเหตุของปัญหา	3.5854	.67836	มาก
การมีส่วนร่วมคิด ร่วมแสดงความคิดเห็น	3.2831	.75195	ปานกลาง
การมีส่วนร่วมพิจารณา ร่วมตัดสินใจ	3.3801	.79941	ปานกลาง
การมีส่วนร่วมดำเนินการ	3.6513	.62049	มาก
การมีส่วนร่วมติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผล	3.2981	.75767	ปานกลาง
การมีส่วนร่วมรับผล	3.2738	.76310	ปานกลาง
ภาพรวมเฉลี่ย	3.4120	0.7285	ปานกลาง

ซึ่งการที่ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้ เนื่องจากผู้ที่สมัครเข้ามาเป็น ทสม. จังหวัดพัทลุง มีพื้นฐานจากการเป็นจิตอาสาและให้ความสนใจเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหมู่บ้าน ทำให้ ทสม.จังหวัดพัทลุง ส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมหรือโครงการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จึงทำให้เกิดความร่วมมือในการค้นหาปัญหาและสาเหตุของปัญหา คิดและแสดงความคิดเห็น พิจารณาและตัดสินใจ ติดตาม ตรวจสอบ ประเมินผล และรับผลประโยชน์จากการมี

ส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในหมู่บ้าน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณีฐธิดา และ ยุทธพงษ์ (2560) ศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของเทศบาลเมืองสามพราณ จังหวัดนครปฐม ผลการศึกษาพบว่า ประชาชนมีส่วนร่วมในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง แต่ขัดแย้งกับผลการศึกษารายด้านที่พบว่า ทุกด้านอยู่ในระดับปานกลาง ในด้านที่มีระดับการมีส่วนร่วมมากที่สุด คือ ด้านการร่วมรับประโยชน์จากการดำเนินงาน รองลงมา คือด้านการค้นหาปัญหาและสาเหตุของปัญหา ด้านการปฏิบัติตามแผนการดำเนินงาน ด้านการติดตามประเมินผลการดำเนินงาน และด้านการวางแผนดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหา จึงสอดคล้องกับผลการเปรียบเทียบระดับความรู้และการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของ ทสม. จังหวัดพัทลุง ที่แสดงให้เห็นว่า ระดับความรู้ไม่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของ ทสม. จังหวัดพัทลุง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบระดับความรู้และการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของ ทสม. จังหวัดพัทลุง

ระดับการมีส่วนร่วม	จำนวน	\bar{X}	S.D.	F	Sig.
น้อย	17	16.7647	3.17272		
ปานกลาง	119	16.1597	2.23221		
มาก	113	15.3628	2.61541	2.906	.053
มากที่สุด	9	16.2222	2.48886		
เฉลี่ย		15.8527	2.50944		

ผลการศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมปัจจุบันของ ทสม. จังหวัดพัทลุง แบ่งเป็น ด้านดังนี้ 4

1. ด้านการจัดการ ขาดการวางแผนในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของหมู่บ้าน จึงต้องให้ความรู้ความเข้าใจแก่ประชาชนให้มากขึ้น และควรส่งเสริมให้ประชาชนมีการจัดการในเรื่องของการคัดแยกขยะก่อนทิ้ง ในชุมชนของตนเองเพื่อลดปัญหาด้านขยะ
2. ด้านการประชาสัมพันธ์ การประชาสัมพันธ์มีน้อยไม่ทั่วถึง เพราะบางพื้นที่ยังไม่มีการเข้าไปประชาสัมพันธ์ให้ทราบถึงข้อมูลข่าวสาร จึงอยากให้มีการลงพื้นที่พบปะสื่อสารกับประชาชนในชุมชนให้มากขึ้น
3. ด้านการเงิน งบประมาณไม่เพียงพอ ควรมีการของบประมาณสนับสนุนจากหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน เพื่อมาสนับสนุนในการจัดโครงการหรือกิจกรรมเกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
4. ด้านการบริหาร หน่วยงานที่เกี่ยวข้องไม่ให้การสนับสนุน และควรมีการเชื่อมโยงกับกลุ่มเครือข่ายระดับจังหวัดให้มากกว่าที่มีอยู่ จึงควรมีการอบรมร่วมกับประชาชนเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพราะการบริหารจัดการไม่เป็นระบบเท่าที่ควร

ใน .จังหวัดพัทลุง พบว่า อยากให้มีการประชุม ทสม. จากการสอบถามข้อเสนอแนะอื่น ๆ ในการมีส่วนร่วมของ ทสม. ครั้ง เพื่อให้มีการพัฒนาศักยภาพ 1 ชุมชนเดือนละพของ ทสม. ทั้งรายใหม่และรายเก่า และควรจัดกิจกรรมอย่างต่อเนื่องแล้วมอบบทบาทหน้าที่ให้กับ ทสม. ได้มีบทบาทมากกว่าปัจจุบัน

การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษ เพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย

รัชนิวรรณ แดงวิไลลักษณ์^{1*} จิราพร หาญกลับ² และศศิคารา เจริญศิริ³

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย และ 2) เพื่อประเมินการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย โดยใช้วิธีการวิจัยแบบผสมจากการวิจัยเอกสาร ทบทวนวรรณกรรม ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง นำมาสังเคราะห์สร้างเป็นกรอบแนวคิดการวิจัย แล้วใช้ทั้งการวิจัยเชิงปริมาณที่มีกลุ่มตัวอย่างคือผู้บริหารและบุคลากรในมหาวิทยาลัยจำนวน 400 คน และการวิจัยเชิงคุณภาพด้วยการ Focus Groups มาสรุปองค์ประกอบของการพัฒนา โดยการเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญที่ใช้การคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจงตามคุณสมบัติที่กำหนดมาร่วมระดมความคิด จำนวน 10 ท่าน ในขั้นตอนสุดท้ายผู้วิจัยจะนำการพัฒนาไปสรุปเพื่อขอคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก จำนวน 10 ท่าน

ผลการวิจัย พบว่า การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ด้านการพูดภาษาอังกฤษ (Spe) และ 2) ด้านการฟังภาษาอังกฤษ (Lis) และ โดยเรียงลำดับความสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. ด้านการพูดภาษาอังกฤษ (Spe) โดยมีค่าอิทธิพลเท่ากับ 0.71
2. ด้านการฟังภาษาอังกฤษ (Lis) โดยมีค่าอิทธิพลเท่ากับ 0.69

สำหรับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทยที่ผ่านการประเมินความเหมาะสมและประโยชน์ รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงมีความสอดคล้องกับเป้าหมายในการสร้างผลสัมฤทธิ์ในด้านสมรรถนะภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารที่พึงประสงค์ในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุดซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อตนเอง มหาวิทยาลัยในประเทศไทยสังคมและประเทศชาติ

คำสำคัญ: การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์, เทคโนโลยีดิจิทัล, มหาวิทยาลัยในประเทศไทย

1ดร.,ผอ.ส่วนบริหารงานทั่วไป สจล.วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร 86160

2นักวิเคราะห์นโยบายและแผน ชำนาญการพิเศษ., งานแผนงาน สจล.วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร 86160

3นักวิทยาศาสตร์ ชำนาญการพิเศษ สจล.วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จ.ชุมพร 86160

1Ratchaneewan Dangwilailux, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Chumphon Province 86160,Thailand

2Jiraporn Harnklap., Policy Analyst and Plan, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Chumphon Province 86160, Thailand

3Sasidara Charoensiri ., scientist, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Chumphon Province 86160, Thailand

*Corresponding author : Tel.: 0893296566 E-mail address: ratchaneewan.da@kmitl.ac.th

Human Resource Development to Enhance English Proficiency for Communication with Digital Technology for Universities in Thailand

Ratchaneewan Dangwilailux^{1*} Jiraporn Harnklap² and Sasidara Charoensiri³

Abstract

The objectives of this study were 1) To develop a human resource development system for enhancing competency in English for digital communication for universities in Thailand and 2) To assess the human resource development system for enhancing competency in English for digital communication for universities in Thailand. Communication with digital technology for universities in Thailand by using a mixed research method from documentary research review of relevant literature to be synthesized to create a framework for research concepts Both quantitative research with a sample group of 400 administrators and university personnel and qualitative research with focus groups were used to summarize the components of the development system. By collecting data from experts who use specific selection according to the specified qualifications to participate in the process of 10 persons in the final step, the researcher will bring the development system to a conclusion to seek advice from 10 experts with in-depth interviews.

The results showed that the human resource development system for enhancing English competency for communication with digital technology for universities in Thailand consisted of 2 components: 1) English speaking (Spe) and 2) English listening (Lis) and, in order of importance, as follows:

1. Speaking English (Spe) with an influence value of 0.71
2. English listening (Lis), with an influence value of 0.69

For human resource development systems with digital technology for universities in Thailand that have been evaluated for suitability and benefits. Including being able to use it for real use, consistent with the goal of creating achievements in English language proficiency for the most effective and desirable communication in the future, which will be beneficial to oneself, Universities in Thailand, society and nation.

Keywords: human resource development, digital technology, universities in Thailand

บทนำ

มหาวิทยาลัยในประเทศไทยในปัจจุบันมีการติดต่อถึงกันได้ในเวลาอันรวดเร็วได้ทั่วโลก ภาษาอังกฤษเป็นภาษาสากล จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการติดต่อสื่อสารที่สำคัญ ดังนั้น การสร้างให้เกิดความเจริญก้าวหน้าอย่างมั่นคงและยั่งยืนได้ ต้องมีการพัฒนาสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารให้มีประสิทธิภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2566) จากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิทัลที่มีหลากหลายลักษณะอย่างไร้ขอบเขตทั้งเวลาและสถานที่ รวมถึงสามารถเก็บข้อมูลที่เก็บได้จำนวนมากในรูปแบบมัลติมีเดีย ส่งผลให้การนำมาใช้ประโยชน์ในการจัดการศึกษาทางไกลในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์หรือสื่อดิจิทัล การเรียนผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (e-learning) จึงเป็นนวัตกรรมใหม่ทางการศึกษาที่ใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้หรือทำกิจกรรมที่มุ่งส่งเสริมบุคลากร (Bray, Eric & Aoki, Kumiko & Dlugosh, Larry, 2017) ผ่านระบบการเรียนรู้ด้วยเว็บไซต์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารมีบทเรียนที่มาจากเอกสารหนังสือ บทความข้อมูลนำเสนอและแหล่งข้อมูลการเรียนรู้ที่จัดทำเป็นอิเล็กทรอนิกส์ที่สอดคล้องกับเป้าหมายให้เกิดทักษะตามที่ต้องการในอนาคต (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2565) ในการพัฒนาหลักสูตรการเรียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยการใช้เว็บจะเป็นแนวทางในการสร้างสมรรถนะในด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารของบุคลากรได้เป็นอย่างดีเพราะทุกคน สามารถเข้าถึงบทเรียนผ่านเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาได้ตลอดเวลาและนับเป็นก้าวใหม่ของการเรียนรู้ในมหาวิทยาลัยทั้งปัจจุบันและอนาคต

ปัจจุบันหลักสูตรการเรียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารผ่านเว็บเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารมีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางเพราะสามารถเข้าถึงข้อมูลที่เป็นทั้งภาพ ข้อความ เสียง บันทึกภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวหรือใช้งานจากอินเทอร์เน็ตด้วยเทคโนโลยี 3G-4G เข้าถึงสารสนเทศได้ตลอดเวลา (สำนักงานคณะกรรมการศึกษาออนไลน์, 2566) บุคลากรจึงสามารถใช้ได้เป็นอย่างดี เป็นการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์หรือ e-Learning ที่เป็นรูปแบบของการศึกษาทางไกลหรือ d-Learning ซึ่งจะมีความสำคัญมากที่สุดในอนาคต (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2565) และยังเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ หลักสูตร และการบริหารบทเรียนผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ในรูปแบบที่หลากหลาย การเรียนรู้ที่ได้จะเป็นการบูรณาการข้อมูลที่มีเครือข่ายของการสื่อสารการศึกษา ที่มีความเติบโตกว่า 200 % และมีโปรแกรมสนับสนุนที่เพิ่มสูงกว่า 1,000 % และในอนาคตจะมีราคาถูกลงอีกมาก ขณะที่ประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงขึ้น (Stephan Böhm & Georges Philip Constantine, 2016) การจัดการเรียนรู้ของบุคลากรในมหาวิทยาลัยควรมีการสร้างนวัตกรรมทางการศึกษาอย่างแท้จริงในการเปลี่ยนแปลงวิธีการจัดการตนเองและงานที่รับผิดชอบ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2565) อันจะทำให้ได้ผลตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ดังนั้น การแสวงหาความรู้ด้วยวิทยาการใหม่ๆ เช่นการเรียนผ่านเว็บการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพจะนำไปสู่การสร้างทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพของมหาวิทยาลัยในอนาคต (Aimee deNoyelles & Ryan Seilhamer, 2015) ซึ่งจะเป็นกลไกสำคัญให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายในการสร้างเสริมประสบการณ์ทักษะภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ

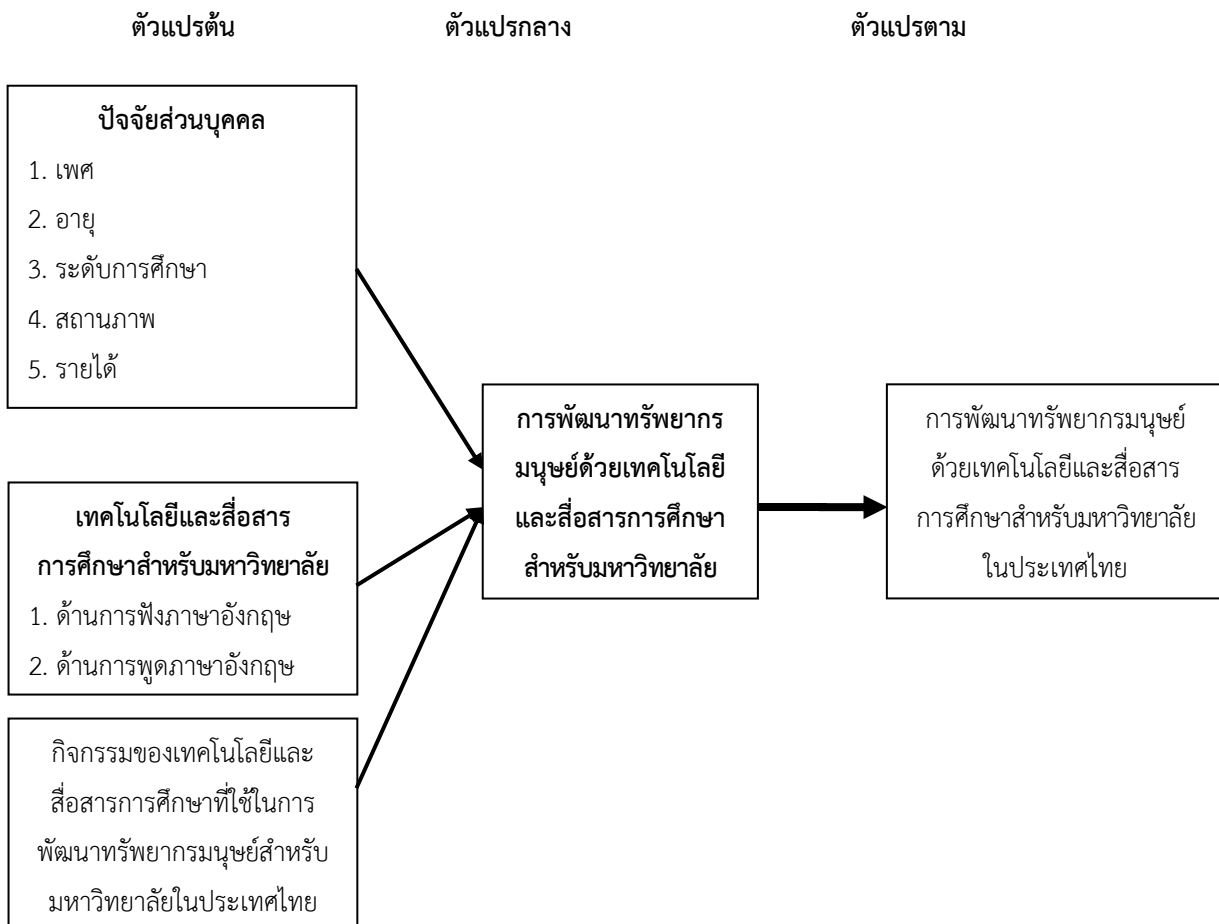
จากที่กล่าวมาแล้วถึงความสำคัญและความจำเป็นของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทยซึ่งจะเป็นการสร้างนวัตกรรมการศึกษาที่สำคัญในอนาคตและมีความสำคัญเนื่องจากบุคลากรต้องนำมาใช้ในการทำงานจริงเพื่อเป็นการสร้างความเจริญให้กับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย ระบบเศรษฐกิจ สังคมและประเทศชาติ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์ประกอบด้วย 1) เพื่อพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทยและ 2) เพื่อประเมินการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย” จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์สังเคราะห์เพื่อนำมากำหนดเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยดังแสดงด้วยภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยแบบผสม โดยเริ่มจากการวิจัยเอกสาร ทบทวนวรรณกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง นำมาสังเคราะห์สร้างเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยแล้วใช้ระเบียบวิธีวิจัยทั้งการวิจัยเชิงปริมาณและการวิจัยเชิงคุณภาพ ด้วยการ Focus Groups มาสรุปองค์ประกอบของการพัฒนา โดยการเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญที่ใช้การคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจงตามคุณสมบัติที่กำหนดมาร่วมระดมความคิด จำนวน 10 ท่าน ในขั้นตอนสุดท้ายผู้วิจัยจะนำการพัฒนาไปสรุปเพื่อขอคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก จำนวน 10 ท่านเพื่อมาทำการตรวจสอบและประเมินการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย ว่ามีความเป็นไปได้ของอนาคตที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจริงหรือไม่ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. การวิจัยเชิงปริมาณ

1. ประชากร คือ ผู้บริหารและบุคลากรในมหาวิทยาลัยในประเทศไทย สำหรับกลุ่มตัวอย่างจะคำนวณขนาดโดยใช้สูตรมาตรฐานของ Taro Yamane (1973) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่น 95 % ความผิดพลาดไม่เกิน 5 % ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน และจะใช้เทคนิคการสุ่มอย่างง่าย ให้ได้ครบตามจำนวนที่ต้องการ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลในการวิจัยคือแบบสอบถามเกี่ยวกับระดับความสำคัญของปัจจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทยลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และหาค่าความเชื่อมั่นความสอดคล้องภายในเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นใหม่

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ประมวลผลด้วยตนเอง โดยติดต่อประสานงานกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อนัดวันและเวลาที่เหมาะสมและใช้การแจกแบบสอบถามทางผ่านอิเล็กทรอนิกส์เช่น Google Form เพื่อให้ได้ตาม จำนวน 400 คน

4. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ได้แก่ 1) การตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหาด้วยนำแบบสอบถามไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 10 คน หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ต้องการวัด 2) การทดสอบหาค่าความเที่ยงหรือความสอดคล้องภายในด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ซึ่งเมื่อผู้วิจัยได้นำไปทดสอบทุกห้วงมีค่า .70 ถือว่าข้อคำถามมีความเที่ยง

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ การแจกแจงความถี่และผลของระดับความสำคัญของปัจจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทยโดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน โดยใช้ค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับ 2 หรือ Confirmatory Factor Analysis (CFA) Second Order และตรวจสอบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พร้อมทั้งคำนวณขนาดอิทธิพลด้วยโปรแกรม LISREL

2. การวิจัยเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยใช้การ Focus Group กับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญประกอบไปด้วยผู้บริหารระดับสูงของมหาวิทยาลัยในประเทศไทย ผู้บริหารระดับสูงของหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง นักวิชาการในระดับหัวหน้าภาควิชาขึ้นไป มาร่วมกระบวนการ จำนวน 10 ท่าน มาทำการสรุปความเห็นต่อองค์ประกอบของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลโดยมีขั้นตอน ได้แก่ 1) การกำหนดขอบเขตของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยให้ชัดเจนที่ครอบคลุมกรอบแนวคิดการวิจัย 2) ให้ผู้เชี่ยวชาญเข้าร่วมระดมความคิดและสรุปองค์ประกอบของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัย ในขั้นตอนสุดท้ายผู้วิจัยจะทำการสรุปความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลในด้านความเหมาะสมด้านประโยชน์และด้านการนำไปใช้ด้วย การระบุแนวโน้มของสภาพแวดล้อมที่เป็นแรงผลักดันในอนาคตในด้านสังคม เทคโนโลยี เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อมและการเมืองที่สามารถพลิกผันเหตุการณ์หรือแนวโน้มที่กำลังดำเนินอยู่โดยสิ้นเชิงและการเชื่อมโยงและใช้สถานการณ์ทุกภาพเป็นหลังฉากแสดงอนาคตต่าง ๆ ที่เป็นจริงได้และนำผลที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลสำคัญไปทำการสรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัย

ในการค้นหาคำตอบหรือความรู้ในการตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อพัฒนาและประเมินการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัย ผู้วิจัยจะเริ่มจากผลการ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัย โดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ใช้วัดระดับสมรรถนะที่มีอยู่จริงในปัจจุบันและที่คาดหวังด้านการสื่อสารภาษาอังกฤษของบุคลากรในมหาวิทยาลัยดังแสดงด้วยตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมรรถนะในด้านการสื่อสารภาษาอังกฤษของบุคลากรในมหาวิทยาลัยในประเทศไทย

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ลำดับที่
ด้านการฟังภาษาอังกฤษ			
1. ด้านความรู้	3.98	0.634	2
2. ด้านทักษะ	4.03	0.573	1
3. ด้านพฤติกรรม	3.95	0.615	3
ด้านการพูดภาษาอังกฤษ			
1. ด้านความรู้	3.97	0.709	2
2. ด้านทักษะ	4.12	0.692	1
3. ด้านพฤติกรรม	3.91	0.655	3

จากตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมรรถนะที่ในด้านการสื่อสารภาษาอังกฤษของบุคลากรในมหาวิทยาลัยในประเทศไทย โดยภาพรวมเรียงตามลำดับความสำคัญ ได้ดังต่อไปนี้

ด้านการฟังภาษาอังกฤษ

- ลำดับที่ 1 ด้านทักษะ มีค่าเฉลี่ย 4.03
- ลำดับที่ 2 ด้านความรู้ มีค่าเฉลี่ย 3.98
- ลำดับที่ 3 ด้านพฤติกรรม มีค่าเฉลี่ย 3.95

ด้านการพูดภาษาอังกฤษ

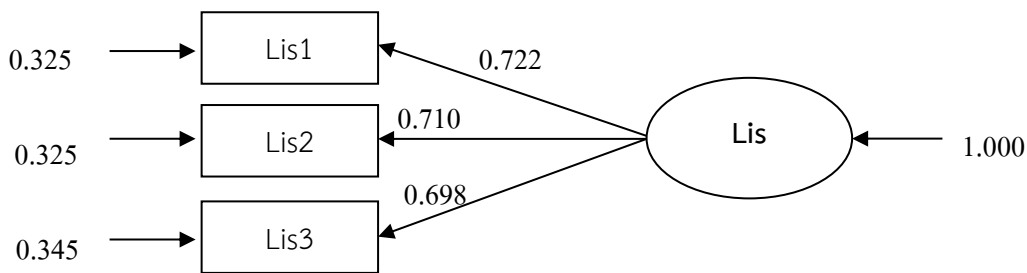
- ลำดับที่ 1 ด้านทักษะ มีค่าเฉลี่ย 4.12
- ลำดับที่ 2 ด้านความรู้ มีค่าเฉลี่ย 3.97
- ลำดับที่ 3 ด้านพฤติกรรม มีค่าเฉลี่ย 3.91

จากตารางที่ 1 พบว่าสมรรถนะในด้านการสื่อสารภาษาอังกฤษของบุคลากรในมหาวิทยาลัยในประเทศไทยทุกด้านอยู่ในระดับมาก โดยในด้านความรู้ บุคลากรจะมีความรู้ในด้านไวยากรณ์หรือโครงสร้าง ด้านสังคม ความรู้เพื่อสื่อความหมาย ความรู้ในการใช้การสอนในการสื่อความหมาย ทราบคำศัพท์ที่เข้าใจความหมายออกเสียงและฟังได้ถูกต้อง ในด้านทักษะ บุคลากรสามารถแปลความหมาย การใช้คำศัพท์ของภาษาอังกฤษ การสร้างคำขึ้นใหม่เพื่อสื่อสาร การใช้คำที่ง่ายไม่ซับซ้อน การใช้คำอื่นชดเชย การใช้ภาษาตามระเบียบของสังคม การตอบสนองให้บุคลากรทราบถึงความมุ่งหมายของการเรียนและการฝึกใช้ภาษา ให้บุคลากรได้ทำกิจกรรมการใช้ภาษาที่มีลักษณะเหมือนในชีวิตประจำวันให้มากที่สุด ให้บุคลากรฝึกการใช้ภาษามากๆ การเปิดโอกาสให้บุคลากรได้ทำกิจกรรมในรูปแบบต่างๆ ให้มากที่สุดที่จะเป็นไปได้ การออกเสียงที่จะสามารถพูดได้เป็นประโยค เน้นความคล่องและจังหวะ การขึ้นเสียงสูงต่ำ ตามบริบทและสถานการณ์ มีความสามารถในการใช้ภาษาตามความเหมาะสมทางสังคม ในส่วนของด้านพฤติกรรม บุคลากรจะมีการพัฒนาลำดับขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนการสอน การ

พัฒนาบทบาทของบุคลากรในมหาวิทยาลัยในประเทศไทยและ ผู้สอน การพัฒนาระบบการสนับสนุนการสอน การพัฒนากระบวนการเรียนที่บุคลากรได้ฝึกจนเกิดความชำนาญ การสอนใช้ภาษาที่เป็นจริงได้มากที่สุด กระตุ้นและส่งเสริมเพื่อเปิดโอกาสให้บุคลากรแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม การนำนวัตกรรมใหม่ๆ เข้ามาช่วยในด้านการเรียนการสอน ออกแบบกิจกรรมฝึกการฟังที่หลากหลายและน่าสนใจ การจัดการและการวางแผนการเรียน การประเมินผลการเรียน การสอนการฝึกฝนการใช้ภาษาโดยรวมกับบุคลากรอื่น ๆ ในมหาวิทยาลัยการสอนตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบความรู้ ความเข้าใจ วิธีสอนแบบตอบสนองด้วยท่าทาง การทำให้บุคลากรมีแรงจูงใจในการเรียน

สรุปผลการวิเคราะห์ หอ้งค์ ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis) ของโมเดลการวัด (measurement model) ของแต่ละตัวแปรแฝง (latent variable) ประกอบด้วย

1. ด้านการฟังภาษาอังกฤษ (Lis) ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ 1) ความรู้ในการฟัง (Lis1) 2) ทักษะในการฟัง (Lis2) และ 3) พฤติกรรมในการฟัง (Lis3) การวิเคราะห์โมเดลการวัดโดยใช้วิธีการวิเคราะห์หอ้งค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยโปรแกรม LISREL โดยมีค่า χ^2 เท่ากับ 0.0197 ค่า df เท่ากับ 2 ค่าไค-สแควร์สัมพันธ์ (Relative Chi-square) ต้องมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานคือน้อยกว่า 2 ซึ่งหาได้จากสมการ χ^2 / df มีค่าเท่ากับ 0.01 ส่งผลให้ค่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.888 ค่า RMSEA มีค่าเท่ากับ 0.041 เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักหอ้งค์ประกอบ (Factor loading) พบว่า ทุกค่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือ มีค่าสำคัญกว่า 0.5 และ เมื่อพิจารณาความเที่ยงเชิงโครงสร้างของตัวแปร (construct reliability-CR) พบว่า ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดที่ว่าค่าความเที่ยงเชิงโครงสร้างของตัวแปรต้องมีอย่างน้อย 0.6 โดยการวิเคราะห์หอ้งค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดตัวแปรด้านการฟังภาษาอังกฤษ ดังแสดงในภาพที่ 2



Chi-square=0.0197, df= 2, p-value = 0.888, RMSEA=0.041

ภาพที่ 2 การวิเคราะห์หอ้งค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดตัวแปรด้านการฟังภาษาอังกฤษ (Lis) ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม LISREL แสดงด้วยตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์หอ้งค์ประกอบเชิงยืนยันของตัวแปรด้านการฟังภาษาอังกฤษ (Lis) ด้วยโปรแกรม LISREL

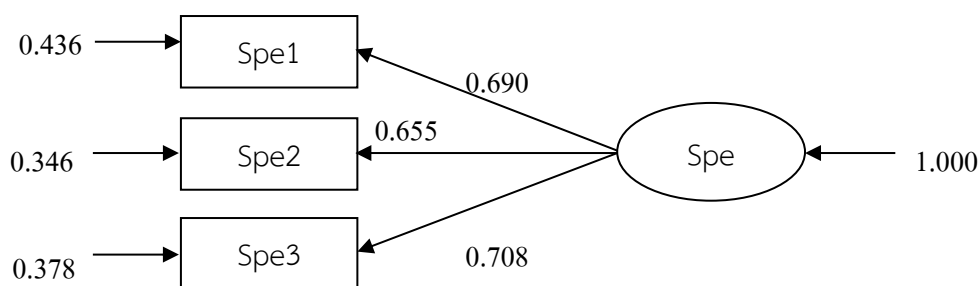
ตัวแปรสังเกตได้	น้ำหนักหอ้งค์ประกอบ		ค่าสัมประสิทธิ์	
	Loading	SE	t-value	R ² หรือความเที่ยง
Lis1	0.722	0.030	20.064	0.635
Lis2	0.710	0.030	19.650	0.714
Lis3	0.698	0.029	18.357	0.584
$\chi^2 = 0.0197$, df= 2, $\chi^2 / df = 0.0197$, p-value = 0.888, GFI = 1.000, AGFI = 1.000				
NFI = 1.000, NNFI = 1.005, CFI = 1.000, RMSEA = 0.041, RMR = 0.043, SRMR = 0.0006				

จากภาพที่ 2 และตารางที่ 2 โมเดลการวัดตัวแปรการฟังภาษาอังกฤษ (Lis) พบว่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor loading) ทุกค่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือ ต้องมีค่าสำคัญกว่า 0.3 โดยความรู้ในการฟัง (Lis1) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสำคัญที่สุดเท่ากับ 0.722 มีค่า R² ค่าเท่ากับ 0.635 รองลงมาคือ ทักษะในการฟัง (Lis2) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสำคัญที่สุดเท่ากับ 0.710 มีค่า R² ค่าเท่ากับ 0.714 และ พฤติกรรมในการฟัง (Lis3) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสำคัญที่สุดเท่ากับ 0.698 มีค่า R² ค่าเท่ากับ 0.584

2. ด้านการพูดภาษาอังกฤษ (Spe) มีตัวแปรย่อย 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ในการพูด (Spe1) ทักษะในการพูด (Spe2) และ พฤติกรรมในการพูด (Spe3) ในการวิเคราะห์โมเดลการวัดโดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยโปรแกรม LISREL ซึ่งการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง โดยเฉพาะในส่วนของโมเดลการวัดมีข้อตกลงที่ยอมรับให้ความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันได้ ซึ่งตรงกับสภาพความเป็นจริง ซึ่งผลจากการวิเคราะห์พบว่าโมเดลการวัดตัวแปรด้านการพูดภาษาอังกฤษได้สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หลังหาค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (relative Chi-square) ซึ่งหาได้จากสมการ χ^2/df ที่ถือว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดต้องมีค่าไม่เกิน 2 ค่า p-value ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือ ต้องมีค่าสำคัญกว่า 0.05 โดย RMSEA ถือว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือ ต้องมีค่าน้อยกว่า 0.05 ค่าความสอดคล้องจากดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เกณฑ์ที่กำหนดคือต้องมีค่าสำคัญกว่า 0.9 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้ (AGFI) เกณฑ์ที่กำหนดคือ ต้องมีค่าสำคัญกว่า 0.9

โดยมีค่า χ^2 เท่ากับ 2.327 ค่า df เท่ากับ 2 ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (relative Chi-square) ต้องมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานคือน้อยกว่า 2 ซึ่งหาได้จากสมการ χ^2/df มีค่าเท่ากับ 0.77 ส่งผลให้ค่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.507 ค่า RMSEA มีค่าเท่ากับ 0.033 เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading) พบว่า ทุกค่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือ มีค่าสำคัญกว่า 0.5 ตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยค่า VE มีค่าเท่ากับ 0.598 เมื่อพิจารณาความเที่ยงเชิงโครงสร้างของตัวแปร (construct reliability-CR) พบว่า ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดที่ว่าค่าความเที่ยงเชิงโครงสร้างของตัวแปรต้องมีอย่างน้อย 0.6 โดยที่ความเที่ยงเชิงโครงสร้างของด้านการพูดภาษาอังกฤษ (Spe) ซึ่งผ่านเกณฑ์ มีรายละเอียดตามตารางที่ 3

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดตัวแปรด้านด้านการพูดภาษาอังกฤษ ดังแสดงในภาพที่ 3



Chi-square=2.327, df= 2, p-value = 0.513, RMSEA= 0.047

ภาพที่ 3 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดตัวแปรด้านการพูดภาษาอังกฤษ

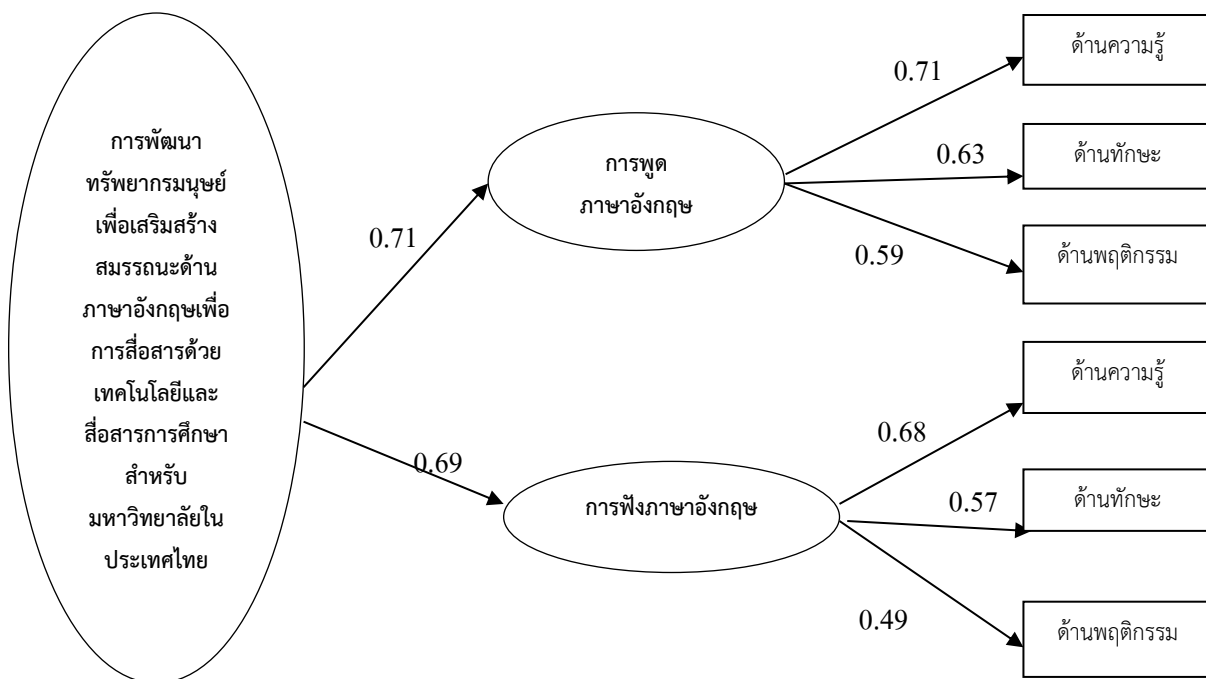
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของตัวแปรด้านการพูดภาษาอังกฤษด้วยโปรแกรม LISREL โปรดดูตารางที่ 4
ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของตัวแปรด้านการพูดภาษาอังกฤษด้วยโปรแกรม LISREL

ตัวแปรสังเกตได้	น้ำหนักองค์ประกอบ		ค่าสัมประสิทธิ์	
	Loading	SE	t-value	R ² หรือความเที่ยง
Spe1	0.690	0.028	17.998	0.572
Spe2	0.655	0.027	14.474	0.525
Spe3	0.708	0.026	19.369	0.712

$\chi^2 = 2.327, df = 2, \chi^2/df = 0.775, p\text{-value} = 0.513, GFI = 0.998, AGFI = 0.991$
 $NFI = 0.999, NNFI = 1.001, CFI = 1.000, RMSEA = 0.047, RMR = 0.041, SRMR = 0.063$

จากภาพที่ 3 และตารางที่ 4 โมเดลการวัดตัวแปรด้านการพูดภาษาอังกฤษพบว่า น้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading) ทุกค่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือ ต้องมีค่าสำคัญกว่า 0.3 โดยพฤติกรรมในการพูด (Spe3) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสำคัญที่สุดเท่ากับ 0.708 มีค่า R² 0.712 รองลงมาคือความรู้ในการพูด (Spe1) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสำคัญที่สุดเท่ากับ 0.690 มีค่า R² เท่ากับ 0.572 และทักษะในการพูด (Spe2) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสำคัญที่สุดเท่ากับ 0.655 มีค่า R² เท่ากับ 0.525

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทยเพื่อแสดงความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างว่า องค์ประกอบทั้งหมด ที่รวมกันเป็นองค์ประกอบที่สัมพันธ์กัน ปรากฏผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง ดังภาพที่ 4



Chi-Square=59.13, df=17, P-Value=0.06, RMSEA=0.039

ภาพที่ 4 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เพื่อยืนยันองค์ประกอบอันดับที่สองของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย

รายการ	เกณฑ์	ค่าที่คำนวณได้	ผลการพิจารณา
χ^2	ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05	59.13	-
df	-	28	-
p-value	$P > 0.05$	0.06	ผ่านเกณฑ์
χ^2/df	$\chi^2/df < 2$	2.11	ผ่านเกณฑ์
CFI	ค่าเข้าใกล้ 1.0	0.99	ผ่านเกณฑ์
GFI	ค่าเข้าใกล้ 1.0	0.98	ผ่านเกณฑ์
AGFI	ค่าเข้าใกล้ 1.0	0.97	ผ่านเกณฑ์
RMSEA	ค่าเข้าใกล้ 0.0	0.039	ผ่านเกณฑ์
RMR	ค่าน้อยกว่า 0.50	0.04	ผ่านเกณฑ์
SRMR	ค่าน้อยกว่า 0.05	0.04	ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 4 พบว่าดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลองค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทยผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่าไค-สแควร์ (χ^2) มีค่า 59.13 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p\text{-value} = 0.06$ ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) = 2.11 ค่าดัชนีวัดความสอดคล้องกลมกลืนเชิงสัมพัทธ์ (CFI) = 0.99 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) = 0.99 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) = 0.97 และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการประมาณ (RMSEA) = 0.046 ซึ่งผ่านเกณฑ์ทุกค่า

สรุปผลในการพัฒนาการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย โดยความเห็นของผู้เชี่ยวชาญจากการสนทนากลุ่ม (Focus Group) ประกอบด้วย ผู้บริหารระดับสูงของมหาวิทยาลัยในประเทศไทย ผู้บริหารระดับสูงของหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง นักวิชาการในระดับหัวหน้าภาควิชาขึ้นไป มาร่วมกระบวนการ จำนวน 10 ท่าน ซึ่งในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\mu=4.40$) เรียงลำดับตามค่าเฉลี่ยสูงสุดเป็นดังต่อไปนี้

1. ด้านผลย้อนกลับ ($\mu=4.60$) หลังการวัดและประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้แล้วต้องมีการตรวจสอบว่าคุณสมบัติของผู้เรียนเป็นไปตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพื่อบ่งชี้พัฒนาการความก้าวหน้าและนำมาทำการปรับปรุงซึ่งจะเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการสอนเช่น การปรับปรุงยุทธวิธีการสอน การหามาตรการสอนเสริมการจัดเรียงลำดับชั้นของเนื้อหา เป็นต้น

2 ด้านผลลัพธ์ ($\mu=4.44$) จะต้องมีการวัดและการประเมินผลทั้งก่อนใช้ระบบ ระหว่างการใช้ระบบและหลังการใช้การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย

3. ด้านกระบวนการ ($\mu=4.42$) การสอนภาษาแบบสื่อสาร ใน 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความสามารถทางด้านไวยากรณ์หรือโครงสร้าง 2) ความสามารถด้านสังคม 3) ความสามารถในการใช้โครงสร้างภาษาเพื่อสื่อความหมายด้านการฟังและพูด และ 4) ความสามารถในการใช้การสอนในการสื่อความหมายเพื่อเกิดผลประสบความสำเร็จในด้านการฟังและพูด

4. ด้านปัจจัยนำเข้า ($\mu=4.36$) ได้แก่ 1) เนื้อหาการเรียนการสอนผ่านสื่อดิจิทัลในลักษณะอิเล็กทรอนิกส์ของรายวิชา 2) ระบบบริหารจัดการรายวิชา 3) การติดต่อสื่อสาร ระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ได้สะดวก 4) แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบที่จัดให้ผู้เรียน รวมทั้งองค์ประกอบของเทคโนโลยีดิจิทัล ได้แก่ 1) ผู้เรียนต้องมีความสามารถในการเรียนรู้จากการใช้เทคโนโลยี 2) ผู้สอนต้องสามารถถ่ายทอดความรู้ผ่านเทคโนโลยีได้ 3) หลักสูตรมีความเหมาะสม 4) กิจกรรมการสอน การนำเสนอเนื้อหา การทำแบบฝึกหัดหรือการประเมิน ควรให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนและผู้เรียนคนอื่นได้และ 5) ระบบจัดการเรียนการสอนจะเป็นเครื่องมืออำนวยความสะดวกแก่ทุกฝ่าย

5. ด้านบริบท ($\mu=4.32$) ระบบนี้จะเป็กระบวนการที่ให้เกิดความรู้ ทักษะและเพิ่มสมรรถนะในตัวบุคลากรที่ส่งผลให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นโดยวัดจากความสามารถในเชิงการแข่งขันหรือการทำกำไรให้บรรลุเป้าหมายของมหาวิทยาลัย

สรุปความคิดเห็นของผู้คณาจารย์ต่อขั้นตอนการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย

ขั้นที่ 1 ชั้นศึกษาวิเคราะห์การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย ในด้านความเหมาะสมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\mu=4.60$) ในด้านประโยชน์มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\mu=4.60$) และในด้านการนำไปใช้มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\mu=4.40$)

ขั้นที่ 2 วางแผน เตรียมและผลิตชุดการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย ในด้านความเหมาะสมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\mu=4.40$) ในด้านประโยชน์มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\mu=4.00$) ในด้านการนำไปใช้มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\mu=3.80$)

ขั้นที่ 3 ประเมินก่อนการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย ในด้านความเหมาะสมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\mu=4.20$) ในด้านประโยชน์มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\mu=4.00$) ในด้านการนำไปใช้มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\mu=3.80$)

ขั้นที่ 4 ดำเนินการพัฒนาการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย ในด้านความเหมาะสมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\mu=4.40$) ในด้านประโยชน์มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\mu=4.40$) ในด้านการนำไปใช้มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\mu=4.20$)

ขั้นที่ 5 ประเมินผลหลังการพัฒนาการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย ในด้านความเหมาะสมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\mu=4.40$) ในด้านประโยชน์มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\mu=4.20$) ในด้านการนำไปใช้มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\mu=4.00$)

ขั้นที่ 6 ทำนุบำรุงการพัฒนาการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย ในด้านความเหมาะสมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\mu=4.40$) ในด้านประโยชน์มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\mu=4.20$) ในด้านการนำไปใช้มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\mu=4.20$)

การประเมินในด้านความเหมาะสม ด้านประโยชน์และด้านการนำไปใช้ของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยทุกด้านอยู่ในระดับมาก แสดงว่าสามารถนำไปใช้กับมหาวิทยาลัยได้เป็นอย่างดีในการเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารจะเป็นการเชื่อมต่อกับความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้องเหมาะสมและนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับมหาวิทยาลัยซึ่งการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลจะเป็นแนวทางการสร้างนวัตกรรมสำคัญในเชิงบูรณาการทางการศึกษาสู่สังคมจะเป็นส่วนสำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จได้ตามเป้าหมาย มุ่งสู่การขับเคลื่อนด้วยปัญญาและสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจและแข่งขันได้อย่างยั่งยืน พัฒนาประเทศสู่ความมั่นคงจากเทคโนโลยี นวัตกรรมในการปฏิรูปการศึกษาเพื่อพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีทักษะสูงเป็นปัจจัยสำคัญ ซึ่งการพัฒนาหลักสูตรการเรียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารในระดับสากลเพื่อปรับเปลี่ยนสู่ High Income Country ที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมปัญญาซึ่งจะเป็นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนประเทศตามยุทธศาสตร์ชาติ ให้มีความเจริญก้าวหน้าอย่างยั่งยืน

การอภิปรายผล

โมเดลประเทศไทย 4.0 หรือ ไทยแลนด์ 4.0 มีแนวทางในการขับเคลื่อนประเทศด้วยยุทธศาสตร์การพัฒนาสู่ความมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืน ด้วยการสร้างความเข้มแข็งจากภายใน จากการเปลี่ยนแปลงด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เช่น การพัฒนาหลักสูตรการเรียนเพื่อพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ผ่านเว็บในการเสริมสร้างสมรรถนะในการทำงาน อันเป็นแนวทางการสร้างนวัตกรรมที่สำคัญในเชิงบูรณาการเพื่อเป็นการเผยแพร่ความรู้ ถ่ายทอดและต่อยอดการศึกษาสู่สังคมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน Griffiths (2013) ที่พบว่า การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเรียนการสอนมีศักยภาพที่จะพัฒนาและปรับปรุงจากการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมโดยการเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ และเกิดการร่วมมือกับการเรียนการสอนได้ ซึ่งจะเป็นส่วนสำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จได้ตามเป้าหมาย สอดคล้องกับ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2565) และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 ที่มีข้อมูลแสดงว่าประเทศไทยมีความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการพัฒนาคิดค้นเกิดนวัตกรรมใหม่ๆ ในการพัฒนาชุมชน สังคมและการพัฒนาประเทศไทยแลนด์ 4.0 ได้ องค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญคือการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ของมหาวิทยาลัยที่เป็นส่วนสำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จได้ตามเป้าหมายของนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ที่รัฐบาลจะมุ่งสู่อุตสาหกรรมที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาและเชื่อมโยงกับประชาคมโลกสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจและแข่งขันได้อย่างยั่งยืน สอดคล้องกับ กระทรวงศึกษาธิการ (2565) ที่มีข้อมูลแสดงว่าการเสริมสร้างความมั่นคงแห่งชาติเพื่อการพัฒนาประเทศสู่ความมั่นคงจะเกิดจากเทคโนโลยี งานวิจัยและนวัตกรรม และการปฏิรูปภาคการศึกษาเพื่อพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีทักษะสูง ลดความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจ ซึ่งต้องมีการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษาที่สูงขึ้นเป็นปัจจัยสำคัญ ซึ่งการพัฒนาหลักสูตรการเรียนเพื่อพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ผ่านเว็บด้วยการเรียนแบบร่วมมือเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะในการทำงานด้วยการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลจะเป็นส่วนสำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จได้ตามเป้าหมาย ในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ด้วยหลักสูตรการเรียนผ่านเว็บด้วยการเรียนแบบร่วมมือเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะในการทำงานด้วยการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลให้มีความรู้ ความสามารถ มีความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะสูงในระดับสากลเพื่อปรับเปลี่ยนสู่ High Income Country ที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมปัญญา เทคโนโลยี และโดยการสร้างเครือข่ายความร่วมมือในการบริหารจัดการสมัยใหม่ ซึ่งจะเป็นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนประเทศเพื่อรองรับนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี เป็นหลักในการก้าวข้ามกับดักความเหลื่อมล้ำที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย เป็นสิ่งสำคัญที่นำไปสู่ความสำเร็จในการทำงาน ซึ่งจะต้องมีการส่งผลย้อนกลับหลังการวัดและประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้แล้วต้องมีการตรวจสอบว่าคุณสมบัติของผู้เรียนเป็นไปตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพื่อบ่งชี้พัฒนาการความก้าวหน้าและนำมาทำการปรับปรุงซึ่งจะเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการสอน เช่น การปรับปรุงยุทธวิธีการสอน การหาวิธีการสอนเสริมการจัดเรียงลำดับขั้นของเนื้อหา ในด้านผลลัพธ์จะต้องมีการวัดและการประเมินผลทั้งก่อนใช้ระบบระหว่างการใช้ระบบและหลังการใช้การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยในประเทศไทย ด้านกระบวนการสอนภาษาแบบสื่อสาร ควรมีการมุ่งเน้นพัฒนาความสามารถทางด้านไวยากรณ์หรือโครงสร้าง ความสามารถด้านสังคม ความสามารถในการใช้โครงสร้างภาษาเพื่อสื่อความหมายด้านการฟังและพูดและความสามารถในการใช้การสอนในการสื่อความหมายเพื่อเกิดผลประสบความสำเร็จในด้านการฟังและพูด

ด้านปัจจัยนำเข้าควรมีการพัฒนาในด้านเนื้อหาการเรียนการสอนผ่านสื่อดิจิทัลในลักษณะอีเลิร์นนิ่งของรายวิชา มีระบบบริหารจัดการรายวิชา มีการอำนวยความสะดวกในด้านการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ได้สะดวก มีแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบที่จัดให้ผู้เรียน มีเทคโนโลยีดิจิทัล ที่จะทำให้ผู้เรียนต้องมีความสามารถในการเรียนรู้จากการใช้เทคโนโลยี ผู้สอนต้องสามารถถ่ายทอดความรู้ผ่านเทคโนโลยีได้ มีหลักสูตรที่เหมาะสม กิจกรรมการสอนเน้นการนำเสนอเนื้อหา การทำแบบฝึกหัดหรือการประเมิน ควรให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนและผู้เรียนคนอื่นได้และระบบจัดการเรียนการสอนจะเป็นเครื่องมืออำนวยความสะดวกแก่ทุกฝ่าย สิ่งสำคัญที่สุดคือ ระบบนี้จะต้องเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดความรู้ ทักษะ และเพิ่มสมรรถนะในตัวบุคลากรที่ส่งผลให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นโดยวัดจากความสามารถในเชิงการแข่งขันหรือการทำกำไรให้บรรลุเป้าหมายของมหาวิทยาลัย

1. ระดับนโยบาย

ผู้บริหารระดับสูงควรมีการส่งเสริมให้มหาวิทยาลัยมีพัฒนาหลักสูตรการเรียนผ่านระบบออนไลน์ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลด้วยการเรียนแบบร่วมมือเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะในการทำงานด้วยระบบออนไลน์ให้มากยิ่งขึ้นมีการอบรมให้ความรู้เผยแพร่ส่งเสริม อบรม พัฒนาบุคลากรให้มีคุณภาพ ระบบเครือข่ายที่มีความพร้อมรองรับให้แก่บุคลากรในรูปแบบออนไลน์ และควรที่จะส่งเสริมทางด้านงบประมาณให้พอเพียงเนื่องจากมีความสำคัญต่อการพัฒนามหาวิทยาลัยให้มีความเจริญก้าวหน้าอย่างยั่งยืน

2. ระดับปฏิบัติการ

มหาวิทยาลัยควรต้องมีความพร้อมในด้านของโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ไม่ว่าจะเป็นทางด้านเน็ตเวิร์ค เครือข่าย Sever อุปกรณ์เครื่องมือที่จำเป็นต่าง ๆ รวมไปถึงการให้การสนับสนุนเนื่องจากเป็นรูปแบบการเรียนการสอนออนไลน์ที่บุคลากรสามารถเข้ามาเรียนเมื่อใดก็ได้ ซึ่งอาจจะมีปัญหาเกี่ยวกับระบบ การผลิตสื่อการเรียนการสอน ควรมีบุคลากรที่ชำนาญทางด้านเทคโนโลยีการศึกษาและควรมีการฝึกอบรมพัฒนาบุคลากรที่เกี่ยวข้องให้มีทักษะ ความรู้ ที่จำเป็นในการเรียนการสอนออนไลน์มาทำการผลิตสื่อการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพเป็นไปตามทฤษฎีทางการศึกษา รวมไปถึงเทคนิควิธีต่าง ๆ เพื่อให้บุคลากรได้ใช้ระบบต่าง ๆ อย่างเต็มประสิทธิภาพและมีการติดตามและประเมินผลอย่างสม่ำเสมอ

3. ตัวบุคลากร

ด้านบุคลากรควรมีความสนใจเรียนในรูปแบบการเรียนการสอนออนไลน์ ควรมีความเข้าใจในระบบของการเรียนการสอนที่จะต้องศึกษาใฝ่หาความรู้ด้วยตนเองและยังต้องเป็นผู้ที่มีความรับผิดชอบ มีความตั้งใจ มีความต้องการที่จะพัฒนาตนเอง

เนื่องจากการเรียนในรูปแบบออนไลน์เป็นการเรียนรู้ที่เน้นบุคลากรเป็นสำคัญ และยังคงเป็นผู้ที่มีความรู้ในด้านเทคโนโลยี และยังคงมีความพร้อมในด้านของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ ในส่วนของการพัฒนาหลักสูตรการเรียนเพื่อพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ผ่านระบบออนไลน์ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลด้วยการเรียนแบบร่วมมือเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะในการทำงานด้วยการใช้เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาของมหาวิทยาลัยมีดังต่อไปนี้

1. แผนกลยุทธ์และแผนวิชาการเป็นภารกิจของมหาวิทยาลัยแบ่งออกเป็น 1) ด้านนโยบายที่เกี่ยวกับการเรียนโดยใช้เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา 2) ด้านทิศทางที่เกี่ยวกับการเรียนโดยใช้เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาและ 3) ด้านเป้าหมายในการพัฒนาหลักสูตรการเรียนเพื่อพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ผ่านระบบออนไลน์ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลด้วยการเรียนแบบร่วมมือเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะในการทำงาน

2. หลักสูตร/การสอน (curriculum/teaching) แบ่งออกเป็น 1) กำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา 2) กำหนดเนื้อหาความรู้รายวิชาและแหล่งความรู้เพิ่มเติม 3) กำหนดกิจกรรมการเรียนการสอนและการติดต่อสื่อสารระหว่างบุคลากรกับผู้สอนตามเวลาและต่างเวลา 4) กำหนดแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนและแบบทดสอบท้ายบทเรียน

3. ด้านผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวกับการเรียน ได้แก่ บุคลากร ผู้สอน ผู้ดูแลระบบ ผู้ดูแลหลักสูตรและ ผู้บริหารมหาวิทยาลัย

4. ด้านของทางการเรียน ได้แก่ 1) เรียนในห้องเรียนปกติ (Face-to-face) 2) เรียนผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (internet) และ 3) เรียนผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่

5. ด้านสิ่งอำนวยความสะดวกที่เกี่ยวกับการเรียน ได้แก่ 1) สถานที่ที่ใช้ในการเรียนรู้ 2) อุปกรณ์สนับสนุนการเรียนโดยใช้เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาและ 3) ช่องทางการเข้าถึงข้อมูล

6. ด้านสิ่งที่สนับสนุนการร่วมมือ ได้แก่ 1) เครื่องมือบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และ 2) เครื่องมือบนเครือข่ายโทรคมนาคม

เอกสารและการอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2566). **แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับปรับปรุง (2552-2565)**. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2565). **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบเอ็ด พ.ศ.2560-2564**. กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2565). **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545**. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.

สำนักการจัดการศึกษาออนไลน์. (2566). **โครงการประกวดการจัดระบบอีเลิร์นนิ่งในระดับอุดมศึกษา ประจำปี 2566**. สำนักการจัดการศึกษาออนไลน์, มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

Aimee deNoyelles & Ryan Seilhamer. (2015). Facilitating professional development of mobile and eTextbook technologies: A special interest group approach. **Journal of Applied Research in Higher Education**, Vol. 7 Iss: 1, pp.55 - 67.

Bray, Eric & Aoki, Kumiko & Dlugosh, Larry. (2017). Predictors of Learning Satisfaction in Japanese Online Distance Learners. **International Review of Research in Open and Distance Learning**. 9(3)

Griffiths, C. (2013). **The strategy factor in successful language learning**. Bristol, UK: Multilingual Matters.

Stephan Böhm & Georges Philip Constantine. (2016). Impact of contextually on mobile learning acceptance: An empirical study based on a language learning app. **Interactive Technology and Smart Education**, Vol. 13 Iss: 2, pp.107 - 122.

Yamane, Taro. (1973). **Statistics: An Introductory Analysis**. Third edition. New York: Harper and Row Publication.



Session
บริหารธุรกิจ
และเศรษฐศาสตร์

ระบบบริหารจัดการยานพาหนะแบบออนไลน์ต้นทุนต่ำ

วารัญญา ไชยชาณยุทธ^{1*}

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอระบบบริหารจัดการยานพาหนะแบบออนไลน์ที่ง่ายและต้นทุนต่ำ เพื่อจัดการการขอใช้รถของ สจล. วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ให้มีความสะดวกรวดเร็วแก่ผู้ขอใช้ยานพาหนะและเจ้าหน้าที่ งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมกูเกิลฟอร์ม แอปพลิเคชัน (Google Form application) สำหรับรับข้อมูลการขอใช้ยานพาหนะ, ระบบแจ้งเตือนผ่านไลน์ (Line notify) ใช้สำหรับการแจ้งเตือนต่อเจ้าหน้าที่เมื่อมีการขอใช้ยานพาหนะ, กูเกิลชีทแอปพลิเคชัน (Google Sheet application) ใช้การบันทึกข้อมูลผู้ขอใช้ยานพาหนะ ยานพาหนะที่ต้องการ และวัตถุประสงค์ที่นำยานพาหนะไปใช้, ปฏิทินกูเกิล (Google Calendar) ใช้สำหรับการบันทึกวันและเวลาที่ขอใช้ยานพาหนะเพื่อแสดงให้เจ้าหน้าที่ และเขียนโปรแกรมบนกูเกิล แอปพลิเคชันสคริปต์ (Google Apps Script) เพื่อส่งข้อมูลสื่อสารกันระหว่างโปรโตคอลของแต่ละแอปพลิเคชัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิจัย คือ เจ้าหน้าที่ฝ่ายยานพาหนะ 2 ราย และผู้ขอใช้ยานพาหนะ 30 ราย เจ้าหน้าที่ฝ่ายยานพาหนะได้จากการเลือกแบบเจาะจง ผู้ขอใช้ยานพาหนะได้จากผู้ที่เคยขอใช้ยานพาหนะตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม 2565 ถึงวันที่ 7 เมษายน 2566 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามเชิงพรรณนา โดยหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ผลวิจัยพบว่าเจ้าหน้าที่ฝ่ายยานพาหนะ มีความสะดวกในการทำงาน ข้อมูลที่ได้รับความถูกต้อง ทำให้เจ้าหน้าที่ฝ่ายงานยานพาหนะปฏิบัติงานได้สะดวกและรวดเร็ว ลดการสอบถามข้อมูลการขอใช้ยานพาหนะ ระบบสามารถใช้งานได้จริง ผู้ขอใช้ยานพาหนะเข้าใจได้รวดเร็ว ง่ายต่อการใช้งาน และระบบช่วยประหยัดแบบฟอร์มขอใช้ยานพาหนะ ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามโดยรวมพบว่า ระบบบริหารจัดการยานพาหนะแบบออนไลน์ที่จัดสร้างขึ้นมีระดับความพึงพอใจระดับมาก (\bar{X} =3.92 และ S.D.=0.7)

คำสำคัญ: ยานพาหนะ ระบบจัดการ ต้นทุนต่ำ

¹นักวิชาการศึกษา, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์, จังหวัดชุมพร, 86160

* Corresponding Author: E-mail: warunya.pr@kmitl.ac.th

Low Cost Online Vehicles Management System

Warunya Chaichanyut^{1*}

Abstract

The objectives of this research were to develop the vehicle management system of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL), Prince of Chumphon Campus to provide a convenient process for the users and the office staff. This research uses Program Google Form application for receiving vehicle reservation information. This research uses the Google Form application program for obtaining vehicle reserving information. A line notifies system used for notification to authorities when user to request a vehicle. The Google Sheet application is used to record the information of the requester to use the vehicle, the desired vehicle, and the purpose for which the vehicle is used. Google Calendar is used for recording the date and time were requesting the vehicle to show the officer. The google application scripts program use to send the data and communicate between the protocols of each application. The sampling was 2 staff of KMITL, Prince of Chumphon Campus vehicles unit and 30 users. The 2 staff of vehicles unit was selected purposively whereas the users were selected randomly during 1 December 2022 to 7 April 2023. The research tools analyzing data from questionnaires. The collected data were analyzed by using the mean (\bar{x}) and standard deviation (S.D.)

The results showed that the officers of the vehicle unit, It is convenient to use data in processing, the data were correct and accurate, the staff worked through more convenient and faster, The staff didn't need to ask for information from the users. The system can be used practically. The user of the vehicle is quick to understand and easy to use. The system saves the vehicle use request form. The overall analysis of the questionnaire showed that the online vehicle management system of KMITL Prince of Chumphon Campus that was built had a very high level of user satisfaction. ($x = 3.92$ and $s.d. = 0.7$)

Keywords: Vehicles, Management System, Low Cost

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว และเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นส่วนของภาครัฐ เอกชน และแม้กระทั่งภาคการศึกษา เทคโนโลยีและระบบสารสนเทศถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการและบริหารงาน ตั้งแต่ส่วนของระดับปฏิบัติการจนถึงระดับบริหาร เพื่อให้องค์กรมีระบบการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้การทำงานภายในองค์กรมีความคล่องตัวมากยิ่งขึ้น การผสมผสานเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเกิดเทคโนโลยีสมัยใหม่ในรูปแบบต่างๆ จึงเปรียบเสมือนเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในเรื่องของการบริหารจัดการในหลายด้านขององค์กรให้ดำเนินไปอย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

ปัจจุบันระบบงานยานพาหนะของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล. วิทยาเขตชุมพร เขตอุดมศักดิ์) อยู่ในส่วนของหน่วยงานอาคารสถานที่ โดยมีเจ้าหน้าที่หน่วยงานยานพาหนะมีหน้าที่ในการบริหารจัดการดูแลความเรียบร้อยของยานพาหนะและเชื้อเพลิงให้การปฏิบัติงานเป็นไปตามระเบียบของราชการรวมทั้งนโยบายของ สจล. วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ เพื่อกิจการอันเป็นส่วนรวมและสวัสดิการของ สจล. วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุดต่อกิจกรรมนอกสถานที่ของสถาบันฯ การกำกับดูแลการปฏิบัติงาน รวมถึงการจัดเตรียมยานพาหนะให้เพียงพอและตรงตามความต้องการในการใช้งานถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่สนับสนุนกิจกรรมของสถาบันฯ ให้เกิดประสิทธิผลมากที่สุด การขอใช้ยานพาหนะของสถาบันฯ จะดำเนินการขอโดยใช้แบบฟอร์มคำขอใช้ยานพาหนะ (แผ่นกระดาษ) ที่ห้องหน่วยงานอาคารสถานที่และยานพาหนะ แล้วตรวจสอบข้อมูลการใช้ยานพาหนะผ่านกระดานไวท์บอร์ด ที่ตั้งอยู่หน้าห้องหน่วยงานยานพาหนะ ภายในอาคารเพื่อค้นหาข้อมูลการใช้ยานพาหนะที่ยังไม่ถูกเรียกใช้งาน (ยานพาหนะว่าง) หน่วยงานยานพาหนะเป็นหน่วยงานหนึ่งที่มีความสำคัญเช่นเดียวกับหน่วยงานด้านอื่น เนื่องจากการใช้งานยานพาหนะมีแนวโน้มที่มีปริมาณการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้นก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมา อาทิเช่น ปัญหาของการสื่อสารกันระหว่างผู้ขอใช้ยานพาหนะกับเจ้าหน้าที่หน่วยงานยานพาหนะ ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าในการขออนุมัติใช้ยานพาหนะ ปัญหาในการจัดเก็บเอกสารการขอใช้ยานพาหนะที่มีจำนวนเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลในเรื่องของประสิทธิภาพการสืบค้นข้อมูล ปัญหาในการเรียกดูข้อมูลการใช้ยานพาหนะ เพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจในการอนุมัติคำขอใช้ยานพาหนะ เนื่องจากข้อมูลอยู่ในรูปแบบของการบันทึกผ่านกระดานไวท์บอร์ด ทำให้เกิดความล่าช้า อาจก่อให้เกิดความผิดพลาดในการจัดบันทึกผลการอนุมัติใช้ยานพาหนะ และยังไม่สะดวกต่อการเรียกดูข้อมูลการใช้ยานพาหนะทั้งต่อเจ้าหน้าที่หน่วยงานยานพาหนะ และผู้ขอใช้ยานพาหนะ เนื่องจากข้อมูลที่อนุมัติถูกจัดเก็บหรือบันทึกอยู่ในกระดานไวท์บอร์ดเท่านั้น

จากปัญหาดังกล่าวผู้ศึกษาได้เล็งเห็นถึงปัญหาและตระหนักถึงความสำคัญ จึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาระบบบริหารจัดการยานพาหนะเบื้องต้นที่มีความง่าย และต้นทุนต่ำจากการบริการของ กูเกิลแอปพลิเคชันสคริปต์ (Google Apps Script) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของฝ่ายงานยานพาหนะ ลดปัญหาการสื่อสาร การจัดเก็บ การสืบค้น การรายงานผลการอนุมัติแก่เจ้าหน้าที่หน่วยงาน รวมถึงป้องกันเอกสารสูญหาย และเพิ่มช่องทางในการใช้งานระบบ ทำให้สามารถเข้าถึงฝ่ายงานยานพาหนะได้สะดวกมากยิ่งขึ้น โดยระบบบริหารจัดการยานพาหนะ สามารถรองรับการทำงานบนคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน และแท็บเล็ต โทรศัพท์มือถือ ผ่านทางลิงค์จองยานพาหนะของฝ่ายงานยานพาหนะที่ได้จัดทำขึ้น เพื่อให้ฝ่ายงานยานพาหนะของสจล. วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ ปฏิบัติงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ มีความทันสมัย และเข้าถึงได้ง่ายรวดเร็ว

ระเบียบวิธีการวิจัยและการออกแบบ

1. การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

วิธีการวิจัยผู้ศึกษาเริ่มต้นการศึกษาวิจัยด้วยการศึกษาและรวบรวมข้อมูลขั้นตอนการดำเนินการขอใช้ยานพาหนะจากเจ้าหน้าที่หน่วยงาน และทำการสรุปขั้นตอนการดำเนินการขอใช้ยานพาหนะในปัจจุบันดังนี้

1.1 ผู้ใช้ที่ต้องการใช้งานยานพาหนะของทางสถาบันฯ ทำการตรวจสอบข้อมูลการใช้นานพาหนะที่ห้องงานยานพาหนะ โดยข้อมูลการใช้นานพาหนะอยู่ในรูปแบบ “กระดานไวท์บอร์ด”

1.2 ผู้ใช้ต้องทำการกรอกแบบฟอร์มใน “ใบคำขอใช้นานพาหนะราชการ” แล้วจึงทำการส่งใบคำขอให้แก่เจ้าหน้าที่งานยานพาหนะ

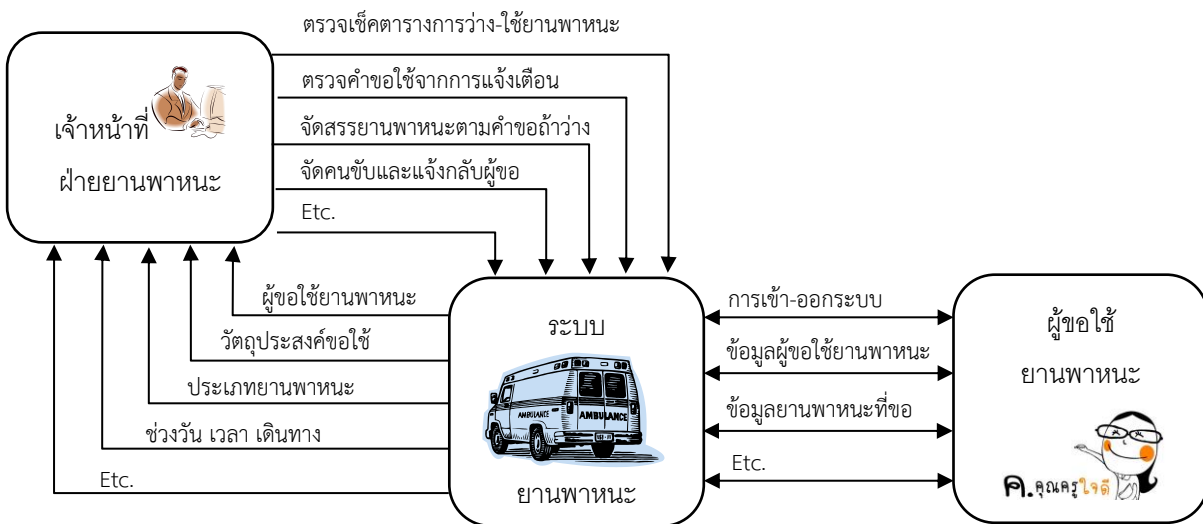
1.3 เจ้าหน้าที่หน่วยงาน ตรวจสอบความถูกต้องของใบคำขอ และพิจารณาอนุมัติ “ใบคำขอใช้นานพาหนะราชการ” จากนั้นทำการส่งเรื่องให้ผู้บริหารหน่วยงาน (ผู้มีอำนาจอนุมัติ) พิจารณาเห็นชอบอนุมัติต่อไป

1.4 ผู้บริหารหน่วยงาน (ผู้มีอำนาจอนุมัติ) พิจารณาเอกสาร “ใบคำขอใช้นานพาหนะราชการ” พร้อมกับระบุสถานะการอนุมัติหรือไม่ อนุมัติ จากนั้นส่ง “ใบคำขอใช้นานพาหนะราชการ” กลับให้เจ้าหน้าที่หน่วยงานยานพาหนะ

1.5 เจ้าหน้าที่ทำการจัดเก็บเอกสารและบันทึกข้อมูลการใช้นานพาหนะลงในกระดานไวท์บอร์ด ทำการจัดการเรื่องรถ และคนขับสำหรับให้บริการแก่ผู้ใช้

2. การออกแบบแผนงานจากข้อมูล

หลังจากการศึกษารวบรวมข้อมูลแล้วทำให้ผู้ศึกษาทราบความต้องการของผู้ดูแล และผู้ใช้นานพาหนะ ดังนั้นการพัฒนาระบบบริหารจัดการยานพาหนะออนไลน์จึงมีความจำเป็นยิ่ง จากนั้นผู้ศึกษาได้นำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมมาหาข้อสรุป และออกแบบระบบเพื่อหาความเหมาะสมของระบบที่สามารถตอบสนองการทำงานของหน่วยงานยานพาหนะให้มีความง่าย รวดเร็ว แม่นยำ และลงทุนต่ำ โดยการจัดเก็บรายละเอียดข้อมูลทั้งหมดในลักษณะฐานข้อมูลยานพาหนะ สามารถแสดงให้เห็นภาพรวมของระบบ และแสดงความสัมพันธ์ของระบบกับสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องโดยใช้เครื่องมือแผนภาพบริบท (Context Diagram) ซึ่งเป็นแผนภาพการไหลของข้อมูลบางส่วนของระบบบริหารจัดการยานพาหนะออนไลน์ดังในรูปที่ 1 รายละเอียดทั้งระบบแสดงดังในตารางที่ 1



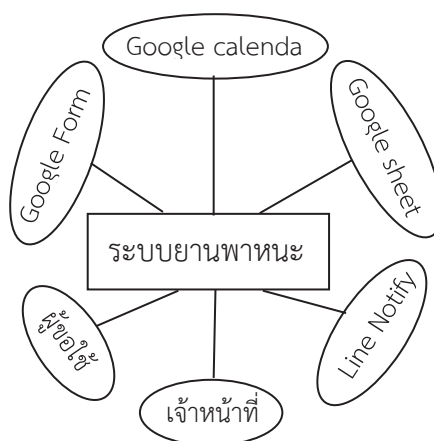
รูปที่ 1. แผนภาพแสดงการไหลของข้อมูล (Context Diagram)

ตารางที่ 1 การไหลของข้อมูลในระบบบริหารจัดการยานพาหนะออนไลน์

ผู้ขอใช้ และระบบยานพาหนะ	เจ้าหน้าที่ฝ่ายยานพาหนะ
<ul style="list-style-type: none"> - เวลา และวันที่ ที่ผู้ขอใช้เราใช้งานระบบ - ชื่อ-สกุลของผู้ขอใช้ยานพาหนะ - เบอร์ และข้อมูลการติดต่อของผู้ขอใช้ยานพาหนะ - จำนวนผู้โดยสาร - ประเภทรถที่ต้องการ - วัน เวลา และสถานที่เดินทาง - วัตถุประสงค์ของการขอใช้ยานพาหนะ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบค่าใช้จ่ายจากการแจ้งเตือน - ตรวจสอบเช็คตารางการว่าง-ใช้ยานพาหนะ - จัดสรรยานพาหนะตามค่าขอใช้ว่าง - จัด แจกแจงคนขับและแจ้งกลับไปยังผู้ขอใช้ยานพาหนะ

3. แบบจำลองข้อมูล (Entity relation Diagram: ER Diagram)

ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการยานพาหนะแบบออนไลน์ต้นแบบสำหรับสจล. วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ผู้ศึกษาได้ทำการออกแบบความสัมพันธ์ของข้อมูล (ER Diagram) ภายในฐานข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งผู้ขอใช้ยานพาหนะจะต้องล็อกอินด้วยอีเมลที่สถาบันฯ ออกให้แล้วกรอกข้อมูลต่างๆ ดังกล่าวในหัวข้อที่ 2 ผ่านทางระบบกูเกิลฟอร์ม แอปพลิเคชัน (Google Form application) เมื่อทำการส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบยานพาหนะ ระบบแจ้งเตือนผ่านไลน์ (Line notify) จะแจ้งเตือนการขอใช้ยานพาหนะไปยังเจ้าหน้าที่ และข้อมูลที่กรอกมาทั้งหมดจะบันทึกเป็นฐานข้อมูลในระบบกูเกิลชีทแอปพลิเคชัน (Google Sheet application) จากนั้นเมื่อเจ้าหน้าที่รับทราบค่าขอใช้ยานพาหนะแล้ว เจ้าหน้าที่จะตรวจสอบสถานะการกรอกใช้ยานพาหนะที่ร้องขอมา ว่าในวันเวลาที่ขอมาคนขับและรถมีสถานะว่างหรือไม่ ซึ่งข้อมูลการร้องขอใช้รถก่อนหน้าได้บันทึกอยู่ในระบบปฏิทินกูเกิล (Google Calendar) และแจ้งสถานะการตอบรับไปยังผู้ขอใช้ยานพาหนะพร้อมแจ้งตารางงานไปยังผู้ขับยานพาหนะตามค่าขอข้างต้น



รูปที่ 2 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของระบบ (ER Diagram)

4. การประเมินระบบบริหารจัดการยานพาหนะ

หลังจากออกแบบระบบบริหารจัดการยานพาหนะและเขียนโปรแกรมเพื่อประมวลผลต่างๆตามหัวข้อแบบจำลองข้อมูลด้วยกูเกิลแอปพลิเคชันสคริปต์ (Google Apps Script) เรียบร้อยแล้ว ผู้ศึกษาได้ออกแบบแบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบบริหารจัดการยานพาหนะแบบออนไลน์ต้นแบบ ซึ่งได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยนำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แบบสอบถาม

เกี่ยวกับระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบบริหารจัดการยานพาหนะแบบออนไลน์ต้นทุนต่ำ มีคำถามจำนวน 10 ข้อ โดยลักษณะของแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเป็นแบบมาตราวัดลิเคิร์ต สเกล (Likert Rating Scale) [1] ประกอบด้วยตัวเลือก 5 ระดับ ตามความรู้สึกของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทอัตราภาคขั้น (Interval Scale) ซึ่งจัดแบ่งระดับค่าคำตอบเฉลี่ยออกเป็น 5 ระดับ มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังต่อไปนี้

- | | | | |
|------------------|-------------|-------------------|-------------|
| - ระดับมากที่สุด | ให้ 5 คะแนน | - ระดับมาก | ให้ 4 คะแนน |
| - ระดับปานกลาง | ให้ 3 คะแนน | - ระดับน้อย | ให้ 2 คะแนน |
| และ | | - ระดับน้อยที่สุด | ให้ 1 คะแนน |

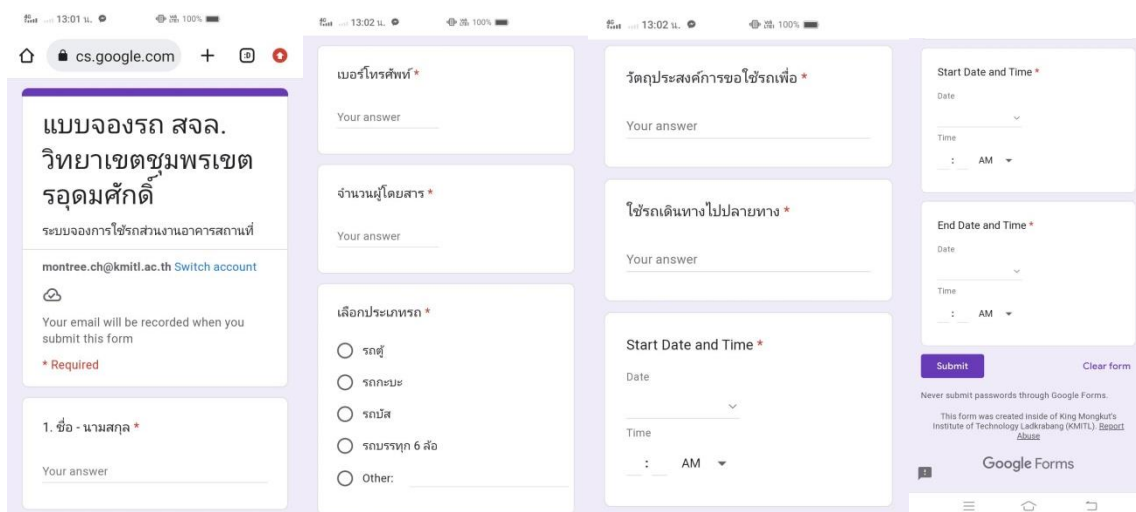
การแปลความหมายระดับคะแนนใช้การหาค่าคะแนนเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก [2] ซึ่งแบ่งระดับคะแนนเฉลี่ยออกเป็น 5 ระดับดังนี้ ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.80 หมายถึง ค่าระดับความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ย 1.81-2.60 หมายถึง ค่าระดับความพึงพอใจในระดับน้อย ค่าเฉลี่ย 2.61 - 3.40 หมายถึง ค่าระดับความพึงพอใจในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 3.41 - 4.20 หมายถึง ค่าระดับความพึงพอใจในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.21 -5.00 หมายถึง ค่าระดับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

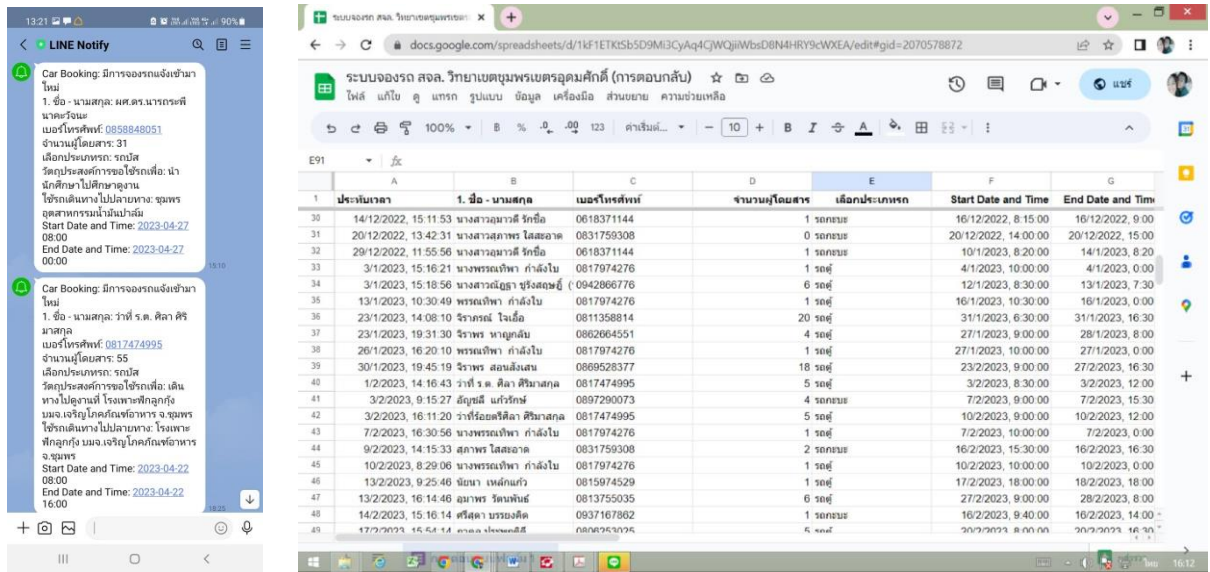
เมื่อรวบรวมข้อมูลและดำเนินการออกแบบระบบงานเรียบร้อยแล้ว ผู้ศึกษาวิจัยได้นำข้อมูลมาจัดทำให้เป็นระบบและวิเคราะห์หาความเป็นไปได้ในการจัดทำ โดยผู้ศึกษาได้ออกแบบการใช้งานไว้ 2 ส่วน คือ ส่วนผู้ใช้งาน (User) และส่วนของเจ้าหน้าที่ (Admin)

ส่วนผู้ใช้งาน (User)

ในส่วนนี้ผู้ศึกษาวิจัยได้ออกแบบส่วนของการใช้งานสำหรับผู้ขอใช้ยานพาหนะโดยใช้กูเกิลฟอร์มแอปพลิเคชัน (Google Form application) ดังแสดงในรูปที่ 3 ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากผู้ขอใช้ยานพาหนะโดยผู้ขอใช้ยานพาหนะจะต้องกรอกข้อมูลต่างๆดังที่กล่าวในหัวข้อที่ 2 เมื่อผู้ขอใช้ยานพาหนะกรอกข้อมูลครบเรียบร้อยแล้วและกดส่งฟอร์ม ผู้ศึกษาวิจัยได้เขียนสคริปบนกูเกิลแอปพลิเคชัน (Google Apps Script) [3-5] ให้ระบบบริหารจัดการยานพาหนะแบบออนไลน์ดำเนินการต่อไปยังส่วนของเจ้าหน้าที่



รูปที่ 3 ตัวอย่างหน้าแพลตฟอร์มกูเกิลที่ใช้ในการกรอกข้อมูลของผู้ขอใช้ยานพาหนะ



รูปที่ 4 ตัวอย่างการแจ้งเตือนผ่านไลน์ไปยังเจ้าหน้าที่ฝ่ายยานพาหนะ และบันทึกข้อมูลต่างๆบนแพลตฟอร์มกูเกิลชีท

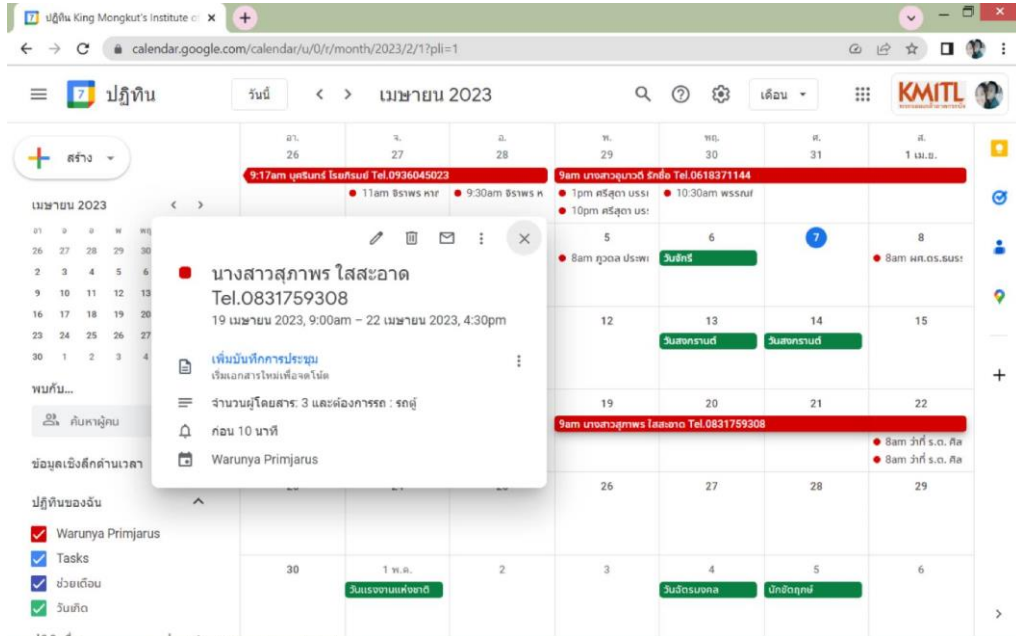
ส่วนของเจ้าหน้าที่ (Admin)

หลังจากผู้ขอใช้ยานพาหนะกรอกข้อมูลครบเรียบร้อยและกดส่งฟอร์มแล้ว ผู้ศึกษาวิจัยได้เขียนสคริปบนกูเกิลแอปพลิเคชันให้ระบบบริหารจัดการยานพาหนะแจ้งเตือนการร้องขอไปยังเจ้าหน้าที่ฝ่ายยานพาหนะผ่านระบบแจ้งเตือนผ่านไลน์ (Line Notify) ข้อมูลที่กรอกมาทั้งหมดจะทำเป็นฐานข้อมูลในระบบกูเกิลชีท (Google Sheet) และทำการลงตารางการขอใช้ยานพาหนะในปฏิทินกูเกิล (Google calendar) จากนั้นเมื่อเจ้าหน้าที่รับทราบคำขอใช้ยานพาหนะแล้ว เจ้าหน้าที่จะตรวจสอบสถานะการใช้งานยานพาหนะที่ร้องขอว่า สถานะยานพาหนะว่าง หรือมีการใช้งาน ในวันเวลาที่ขอมารถจากระบบ ถ้ายานพาหนะว่างจะแจ้งสถานะการตอบรับไปยังผู้ขอใช้ยานพาหนะ พร้อมแจ้งตารางงานไปยังผู้ขั้ยานพาหนะตามคำขอข้างต้น แต่ถ้ายานพาหนะไม่พร้อมใช้งานจะตอบปฏิเสธไปยังผู้ขอใช้ยานพาหนะ (ตอบผ่านระบบ ไลน์ หรืออีเมลล์ตามที่ผู้ขอใช้งานให้ข้อมูลผู้ติดต่อมา) ดังแสดงในรูปที่ 4-5 นอกจากนี้ข้อมูลผู้ขอใช้ยานพาหนะยังถูกจัดเก็บและแสดงให้เจ้าหน้าที่ทราบและเข้าถึงข้อมูลได้อย่างง่ายดายในรูปแบบภูมิที่ตั้งตัวอย่างที่แสดงถึงการขอยืมใช้งานยานพาหนะตามประเภทของรถดังแสดงในรูปที่ 6

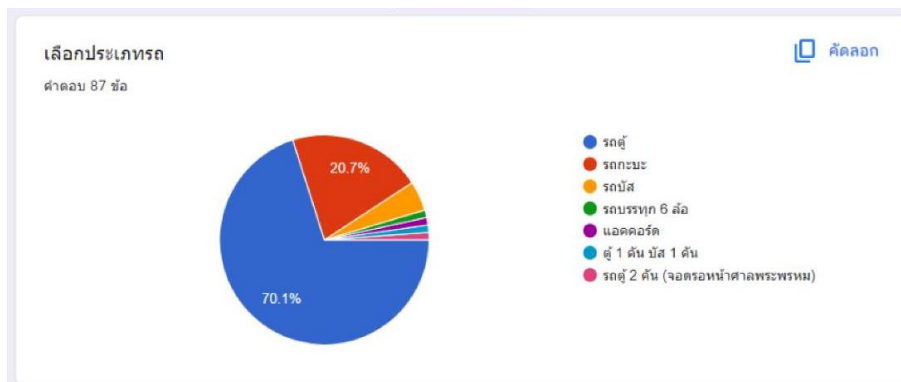
เมื่อออกแบบและจัดสร้างเรียบร้อยแล้วผู้ศึกษาวิจัยได้นำระบบบริหารจัดการยานพาหนะแบบออนไลน์ให้ผู้ขอใช้ยานพาหนะทดลองใช้งานจริงตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม 2565 ถึงวันที่ 7 เมษายน 2566 และให้ผู้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อระบบบริหารจัดการยานพาหนะแบบออนไลน์ของสจล.วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ โดยแบ่งเป็นผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นเจ้าหน้าที่จำนวน 2 ราย เป็นผู้ขอใช้ยานพาหนะ (นักศึกษา อาจารย์ และเจ้าหน้าที่) จำนวนรวม 30 ราย สรุปความคิดเห็นต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

ซึ่งจากตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจต่อระบบบริหารจัดการยานพาหนะแบบออนไลน์ สจล.วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ พบว่าค่าเฉลี่ยที่แสดงถึงระดับความพึงพอใจสูงสุด มี 4 ข้อเท่ากัน คือ ระบบสามารถใช้งานได้จริง ผู้ขอใช้ยานพาหนะเข้าใจได้รวดเร็ว และง่ายต่อการใช้งาน และระบบช่วยประหยัดแบบฟอร์มที่ใช้ในการขอยืมยานพาหนะโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.0 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เป็น 0.68 และระดับความพึงพอใจต่อระบบบริหารจัดการยานพาหนะที่น้อยที่สุด คือ แพลตฟอร์มสามารถใช้งานได้กับอุปกรณ์สื่อสารปัจจุบัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.77 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.80 ทั้งนี้เกิดจากระบบปฏิบัติการของผู้ใช้ อุปกรณ์สื่อเป็นระบบเก่าที่ไม่รองรับการใช้งาน ต้องอัปเดตระบบปฏิบัติการให้เป็นปัจจุบันจึงสามารถใช้งานได้ ผลการ

วิเคราะห์แบบสอบถามในภาพรวมพบว่าระบบบริหารจัดการยานพาหนะแบบออนไลน์ สจล.วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ที่ได้จัดสร้างขึ้นมามีระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ในระดับพึงพอใจมาก (\bar{X} =3.92 และ S.D.=0.7)



รูปที่ 5 การบันทึกตารางขอใช้ยานพาหนะบนแพลตฟอร์มปฏิทินกูเกิล



รูปที่ 6 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลจำนวนการขอใช้ยานพาหนะตามประเภทยานพาหนะ

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจต่อระบบบริหารจัดการยานพาหนะแบบออนไลน์ สจล.วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์

หัวข้อประเมิน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ระดับความพึงพอใจ
1. ระบบมีความสะดวกในการใช้งาน	0.66	3.85	มาก
2. ความถูกต้องในการรับข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังเจ้าหน้าที่	0.62	3.92	มาก
3. ข้อมูลที่กรอกมีความจำเป็น และกระชับ	0.62	3.92	มาก
4. ผู้ขอใช้ยานพาหนะเข้าใจได้รวดเร็ว และง่ายต่อการใช้งาน	0.68	4.00	มาก
5. ระบบช่วยลดเวลาและความยุ่งยากในการขอใช้ยานพาหนะ	0.73	3.92	มาก

6. แพลตฟอร์มสามารถใช้งานได้กับอุปกรณ์สื่อสารปัจจุบัน	0.80	3.77	มาก
7. ความรวดเร็วในการได้รับการตอบรับจากเจ้าหน้าที่	0.86	3.85	มาก
8. ระบบสามารถใช้งานได้จริง	0.68	4.00	มาก
9. ระบบมีประโยชน์กว่าระบบเดิม	0.68	4.00	มาก
10. ระบบช่วยประหยัดแบบฟอร์มที่ใช้ในการขออนุญาต	0.68	4.00	มาก
รวม	0.70	3.92	มาก

สรุปและวิจารณ์

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบบริหารจัดการยานพาหนะออนไลน์เพื่อใช้งานใน สจล.วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการให้บริการแก่ผู้ขอใช้ยานพาหนะ และเจ้าหน้าที่ฝ่ายยานพาหนะ ช่วยลดปัญหาการจัดเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูล การสืบค้นเอกสาร ผู้ขอใช้ยานพาหนะสามารถกรอกรายละเอียดผ่านแบบฟอร์มขออนุญาตใช้ยานพาหนะแบบออนไลน์ผ่านทางกูเกิลฟอร์มแอปพลิเคชัน (Google Form application) มีระบบแจ้งเตือนการขอใช้ยานพาหนะให้เจ้าหน้าที่ฝ่ายยานพาหนะผ่านทางไลน์ (Line Notify) ทำให้เจ้าหน้าที่หน่วยงานยานพาหนะสามารถจัดการกับการขอใช้ยานพาหนะได้อย่างรวดเร็ว มีระบบบันทึกข้อมูลผู้ขอใช้ยานพาหนะบนระบบกูเกิลชีต (Google Sheet) และแสดงการแจ้งเตือนบนปฏิทินกูเกิล (Google calenda) ทั้งนี้ระบบที่ออกแบบและจัดสร้างยังมีข้อด้อยในด้านการตอบรับสถานะของยานพาหนะแบบอัตโนมัติไปยังผู้ร้องขอ เพราะการตรวจเช็คสถานะยังต้องผ่านเจ้าหน้าที่เป็นผู้ตรวจเช็ค และแจ้งกลับไปยังผู้ขอใช้ยานพาหนะ ข้อดีของระบบที่นำเสนอในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการเสนอแนวคิดที่จะออกแบบระบบต่างๆ ที่ใช้งานได้จริงเหมาะสมกับระบบการบริหารจัดการยานพาหนะที่ไม่ใหญ่เกินไป สามารถออกแบบและทำได้ง่ายรวดเร็วบนแอปพลิเคชันสำเร็จรูป ในอนาคตเมื่อระบบใหญ่ขึ้นควรมีการพัฒนาให้มีระบบการตรวจเช็คสถานะยานพาหนะ และตอบรับแบบอัตโนมัติด้วยการใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ อาจารย์ เจ้าหน้าที่ นักศึกษา ฝ่ายงานอาคารสถานที่ และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและทดลองใช้งานระบบ

อ้างอิง

- [1] ธาณินทร์ ศิลป์จารุ. (2551). การวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS. (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพมหานคร : บิซิเนสฮาร์แอนด์ดี
- [2] วัฒนา สุนทรธัย. (2551). เหตุผลที่อยู่เบื้องหลังการพัฒนาเกณฑ์การตัดสินใจชนิด 5 ระดับ.วารสาร นักบริหาร [Executive Journal] ปีที่ 28 ฉบับที่ 3 : กรกฎาคม - กันยายน 2551. 97-101
- [3] วสันตต์ คุณดิลกเศวต. (2564). หลักการเขียนโปรแกรม Google Apps Script. (พิมพ์ครั้งที่ 4)
- [4] วสันตต์ คุณดิลกเศวต. (2562). เรียนรู้การสร้างโปรเจ็ค Google Apps Script เล่มที่ 1. (พิมพ์ครั้งที่ 1). 12 พฤศจิกายน
- [5] วสันตต์ คุณดิลกเศวต. (2562). การใช้งาน Google Form. (พิมพ์ครั้งที่ 1). 28 ธันวาคม 2562



Session
ผลงานสร้างสรรค์

การสร้างสรรค์สื่อเสมือนจริงเพื่อการเรียนรู้อาคารอนุรักษ์เชิงสถาปัตยกรรม:
กรณีศึกษาสถาปัตยกรรมคุ้มเจ้าบุรีรัตน์ (มหาอินทร์) ศูนย์สถาปัตยกรรมล้านนา

ธีรยุทธ อินทจักร^{1*}

บทคัดย่อ

การสร้างสรรค์สื่อเสมือนจริงเพื่อการเรียนรู้อาคารอนุรักษ์เชิงสถาปัตยกรรมเป็นส่วนหนึ่งของโครงการออกแบบเว็บไซต์สื่ออินเทอร์เน็ตแอปพลิเคชันและพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง: ศูนย์สถาปัตยกรรมล้านนา คุ้มเจ้าบุรีรัตน์ (เจ้าน้อยมหาอินทร์ ณ เชียงใหม่) ซึ่งได้รับอนุมัติงบประมาณจากโครงการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ที่ 3 เชียงรุก : ล้านนาสร้างสรรค์ ระยะที่ 12 (พ.ศ. 2560-2565) เพื่อนำนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการเผยแพร่องค์ความรู้ด้านล้านนา รวมถึงนำองค์ความรู้ไปต่อยอดเพื่อเพิ่มคุณค่าและมูลค่าทางเศรษฐกิจและสังคมทั้งในระดับประเทศและระดับสากล

การสร้างสรรค์สื่อเสมือนจริงนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสื่อเสมือนจริงทำหน้าที่แทนสถาปัตยกรรม และเตรียมระบบเพื่อรองรับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อการเรียนรู้ออนไลน์ในอนาคต โดยสร้างสื่อดิจิทัลปฏิสัมพันธ์เชิงโต้ตอบออนไลน์สำหรับพิพิธภัณฑ์เชิงสถาปัตยกรรมทางประวัติศาสตร์เสมือนจริง ด้วยการออกแบบโครงสร้างและรูปแบบ เตรียมข้อมูล จัดทำโครงร่างแบบจำลองและระบบโปรแกรมทั้งส่วนระบบดิจิทัลและระบบมุมมอง 360 องศา รวมทั้งทดสอบการใช้ระบบพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง ก่อนนำเข้าระบบเชื่อมต่อกับเว็บไซต์ที่จัดเตรียมไว้ ทดสอบการใช้งาน สืบค้นผลด้วยแบบสอบถาม วิเคราะห์การประเมินผลแล้วนำไปปรับปรุงระบบพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง จากผลสำรวจด้านการออกแบบ ด้านการใช้งานของระบบ ด้านเนื้อหา ด้านคุณภาพ ด้านองค์ประกอบของพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง อยู่ในระดับดี และสามารถใช้งานตามวัตถุประสงค์ รวมทั้งเตรียมฐานข้อมูลและแอปพลิเคชันเพื่อรองรับระบบ interactive ที่ทันสมัยในอนาคต

คำสำคัญ: สื่อดิจิทัลปฏิสัมพันธ์เชิงโต้ตอบ พิพิธภัณฑ์เสมือนจริง ศูนย์สถาปัตยกรรมล้านนา

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

¹ Assistant Professor, Ph.D., Faculty of Architecture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

* Corresponding Author: E-mail: Thirayut.inthachak@cmu.ac.th

The Creation of Virtual Reality Media for Learning about Architectural Conservation Buildings: A Case Study of Khum Jao Bureeratana (Maha Intra)

Lanna Architecture Center

Thirayut Inthachak^{1*}

Abstract

The Creation of Virtual Reality Media for Learning about Architectural Conservation Buildings was part of the Website Design for Interactive Media and Virtual Museum: Lanna Architecture Center, Chiang mai Project, , which has been approved by the budget from the Third Proactive Strategy Driving Project : Creative Lanna, Phase 12 (2017-2022) to bring innovation in information technology to help disseminate Lanna knowledge, Including applying knowledge for further increase value as well as economic and social values both at the national and international levels

The objectives were creating virtual reality media acting as a replacement for the architecture and prepare the system to support virtual technology for online learning in the future. The Online interactive digital media for historical architectural virtual museum was created by design structure and layout, prepare information, make structure model and program system for both digital system and 360 degree system, test the use of virtual museum system before connecting to prepared website, test usability, survey with a questionnaire, analyze the evaluation and improve the virtual museum system. The specific user opinion from survey of the design, the usability, the content, the quality, and the elements of the virtual museum revealed that Virtual Reality Museum of Lanna Architecture Center was good and can be used according to the purpose, plus databases and applications are prepared to support modern interactive systems in the future.

Keywords: Interactive digital media, Virtual Reality Museum, Lanna Architecture Center

ประเภทผลงานสร้างสรรค์

สื่อดิจิทัลปฏิสัมพันธ์เชิงโต้ตอบออนไลน์ (Online interactive digital media) สำหรับพิพิธภัณฑ์เชิงสถาปัตยกรรมทางประวัติศาสตร์เสมือนจริง

วัตถุประสงค์ของการผลิตผลงานสร้างสรรค์

1. สร้างสื่อเสมือนจริงทำหน้าที่แทนสถาปัตยกรรมของคุ้มเจ้าบุรีรัตน์ (มหาอินทร์)
2. เตรียมระบบเพื่อรองรับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อการเรียนรู้ออนไลน์ในอนาคต

แนวความคิด

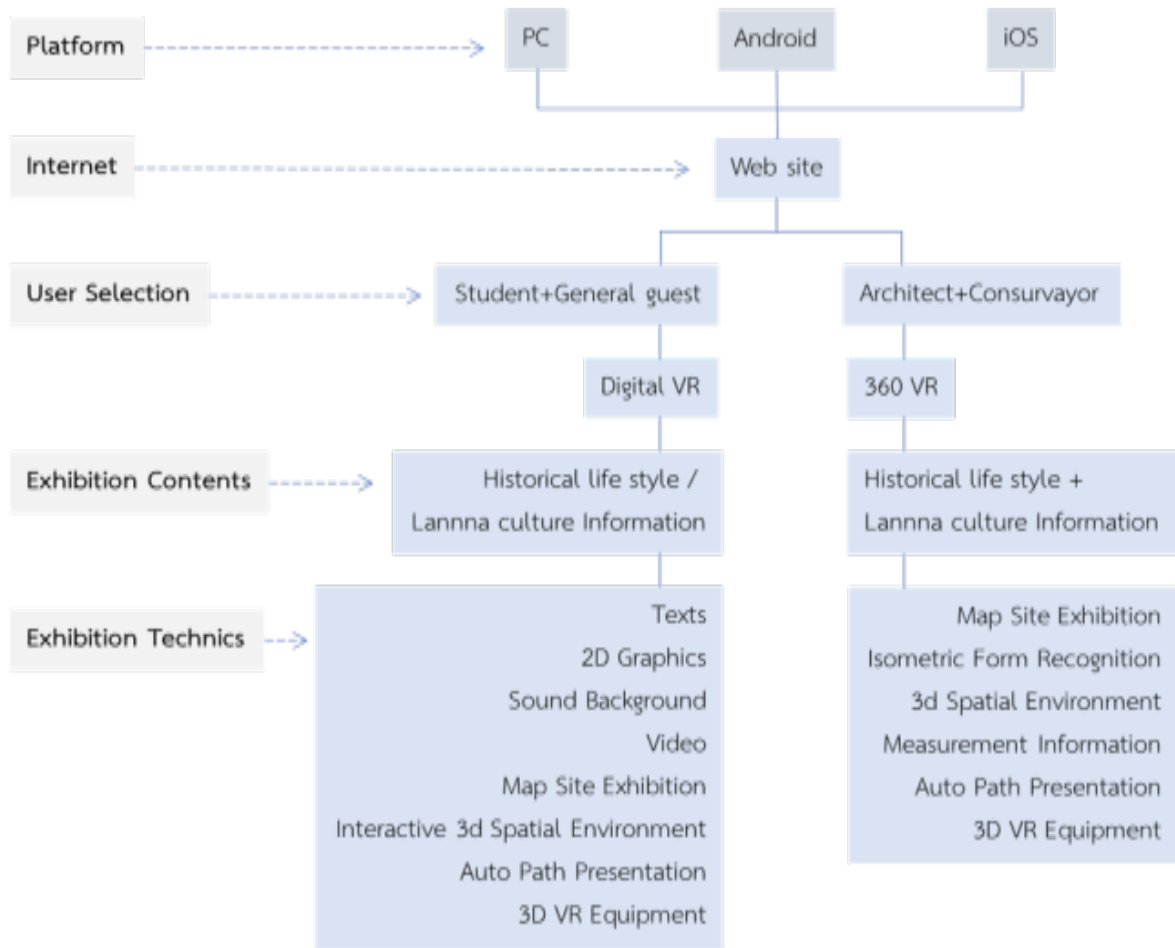
การจัดทำโครงการมีแนวทางให้เข้าถึงได้โดยใช้ระบบอินเทอร์เน็ตผ่านทาง เว็บไซต์ศูนย์สถาปัตยกรรมล้านนา เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายอันประกอบด้วย กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการใช้ข้อมูลของศูนย์สถาปัตยกรรมล้านนาและตัวสถาปัตยกรรมคุ้มเจ้าบุรีรัตน์ (มหาอินทร์) โดยตรง และบุคคลทั่วไปที่สนใจเข้ามาศึกษาเพิ่มพูนความรู้เชิงนั้นบนทิวทัศน์การรวมถึงกลุ่มสถาบันที่มีนโยบายส่งเสริมการเรียนรู้ ซึ่งสามารถเข้าถึงได้โดยการใช้อุปกรณ์ภายใต้ระบบปฏิบัติการ ได้แก่ ระบบ Windows ระบบ Android และระบบ iOS ด้วยเว็บไซต์ที่มีการเชื่อมโยงเนื้อหาทั้งภายในศูนย์สถาปัตยกรรมล้านนาและเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ภายนอก เพื่อให้เกิดการบูรณาการองค์ความรู้ รวมถึงสามารถใช้อุปกรณ์ (Virtual Reality Instrument) ในการเข้าชมเนื้อหาในส่วนพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงที่ให้ข้อมูลได้ใกล้เคียงความจริงอย่างน่าสนใจให้กลายเป็นแหล่งเรียนรู้ที่น่าสนใจ สามารถกระตุ้นให้ผู้เยี่ยมชมเกิดความใคร่รู้ ทำให้ศูนย์สถาปัตยกรรมล้านนาเป็นแหล่งความรู้ใกล้ตัว ด้วยการสร้างสรรค์พิพิธภัณฑ์เสมือนจริงที่มีการใช้เทคโนโลยี 360 Virtual Reality (VR) จำลองห้องจัดแสดง วัตถุหรือนิทรรศการสำคัญของพิพิธภัณฑ์นั้น ๆ แล้วนำเสนอออกมาเป็นภาพ 3 มิติ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นสื่อการเรียนรู้สร้างสรรค์ เข้าถึงผู้ชมได้ตลอดเวลา สร้างความน่าสนใจกระตุ้นการเรียนรู้ โดยมีหลักการในการออกแบบ ดังนี้

1. เป็นพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงที่น่าเสนอมิติรูปทรง ที่ว่าง ของสถาปัตยกรรมเชิงประวัติศาสตร์ รวมถึงนำเสนอเนื้อหาจัดแสดงในพื้นที่พิพิธภัณฑ์
2. เป็นพิพิธภัณฑ์ที่ออกแบบการนำเสนอให้เหมาะสมกับความสนใจของกลุ่มบุคคลหลายประเภทที่ครอบคลุมหลากหลายมิติ
3. เป็นพิพิธภัณฑ์ที่สร้างระบบรองรับการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีสังคมออนไลน์ในอนาคต

และลักษณะของการจัดการเนื้อหาและเทคนิคที่ใช้ในการนำเสนอในส่วน VR เป็นการประยุกต์ใช้เครื่องมือในการสร้างปฏิสัมพันธ์ (Interactive) อันหลากหลายเพื่อให้เกิดการกระตุ้นการเรียนรู้และสร้างความประทับใจให้แก่ผู้เข้าใช้ และสามารถเข้าชมหลายครั้ง มีการแบ่งรูปแบบการเข้าชมพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง 3 แบบ ดังนี้

1. แบบให้ข้อมูลพื้นฐาน เน้นเชื่อมโยงให้เข้าใจองค์ความรู้ในวัฒนธรรมล้านนาผ่านคุ้มฯ แสดงถึงลักษณะบรรยากาศและอดีตของการใช้งานคุ้มฯ : สำหรับผู้ที่สนใจประวัติศาสตร์ของคุ้มฯ ได้แก่ นักเรียน นักศึกษา และบุคคลทั่วไป
2. แบบให้ข้อมูลทางด้านองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม วัสดุ โครงสร้าง และภาพ 360 องศา : สำหรับผู้ที่สนใจองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม วัสดุและการก่อสร้าง รวมถึงลักษณะที่แท้จริงของคุ้มฯ ที่เห็นได้อย่างครอบคลุมด้วยความละเอียดสูง ได้แก่ สถาปนิก นักอนุรักษ์ หรือนักวิชาการ

3. แบบการจัดพื้นที่ให้สอดคล้องกับการจัดนิทรรศการหมุนเวียนตามการปรับเปลี่ยนเนื้อหาในการจัดแสดงของคุ้มจริงโดยกำหนดพื้นที่ และรูปแบบของสื่อที่จะจัดแสดงไว้ และสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม : สำหรับผู้ที่สนใจเนื้อหา นิทรรศการและความเคลื่อนไหวทางกิจกรรมของศูนย์ฯ ได้แก่ นักเรียน นักศึกษา และบุคคลทั่วไป



ภาพ ผังโครงสร้างการจัดการและแนวความคิดระบบพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง

ความเป็นมาและความสำคัญของการทำงานสร้างสรรค์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้จัดทำยุทธศาสตร์เชิงรุก² 3 ด้าน ด้วยการจัดทำโครงการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ที่ 3 เชียงรุก : ล้านนาสร้างสรรค์ ตามแผนพัฒนาการศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระยะที่ 12 (พ.ศ. 2560-2565) เพื่อนำนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการเผยแพร่องค์ความรู้ด้านล้านนา รวมถึงนำองค์ความรู้ไปต่อยอดเพื่อเพิ่มคุณค่าและมูลค่าทางเศรษฐกิจและสังคมทั้งในระดับประเทศและระดับสากล จึงได้อนุมัติโครงการออกแบบเว็บไซต์สื่ออินเตอร์แอกทีฟและพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง: ศูนย์สถาปัตยกรรมล้านนา คุ้มเจ้าบุรีรัตน์ (เจ้าน้อยมหาอินทร์ ณ เชียงใหม่) โดยมีวัตถุประสงค์ให้เป็นศูนย์กลางรวบรวมและเผยแพร่ข้อมูลประวัติศาสตร์ สถาปัตยกรรม ศิลปวัฒนธรรม และการอนุรักษ์สถาปัตยกรรมล้านนาเชิง

² ยุทธศาสตร์เชิงรุก 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านนวัตกรรมสิ่งแวดล้อมและพลังงาน 2) ด้านอาหารและสุขภาพ และการดูแลสุขภาพ 3) ด้านล้านนาสร้างสรรค์ ตามยุทธศาสตร์การบริหารมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระยะ 4 ปี (พ.ศ. 2562-2565) จากการนำเสนอของศาสตราจารย์คลินิก นายแพทย์นิเวศน์ นันทจิต อธิการบดีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เสนอต่อที่ประชุมสภามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อ 22 ธันวาคม 2561

สร้างสรรค์ ด้วยการออกแบบโครงสร้างการจัดการข้อมูลให้เหมาะสมต่อการกระตุ้นการเรียนรู้ และสามารถรองรับการขยายข้อมูลเพิ่มเติมในอนาคต จากการสร้างนวัตกรรมพิพิธภัณฑสถานเสมือนจริงให้ทันสมัยต่อการเรียนรู้ที่ยั่งยืน

จากความสำคัญของการเรียนรู้ตลอดชีวิตที่มีเป้าหมายหลักเพื่อให้ประชาชนทุกคนได้รับการศึกษา เพื่อทำให้เกิดทักษะทางการเรียนรู้ที่ถูกต้อง ต่อเนื่อง และผสมกลมกลืนไปกับวิถีการดำเนินชีวิต โดยมีความสามารถในการแสวงหาข้อมูลข่าวสาร ดังนั้นการให้ความสำคัญกับการกระจายโอกาสทางการศึกษาที่มีคุณภาพอย่างครอบคลุมและเท่าเทียม รวมถึงการศึกษาทางไกล (Distance Education) ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่อาศัยสื่อผสมและเทคโนโลยีโทรคมนาคมในการกระจายและขยายโอกาสทางการศึกษาได้อย่างกว้างขวาง จึงเป็นกลไกสำคัญที่จะเปลี่ยนแปลงกระบวนการเรียนรู้และการจัดการศึกษาของสังคมในปัจจุบันและอนาคต เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายการพัฒนาการเรียนรู้ที่ยั่งยืน³ และกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (2566) ได้จัดทำรายงานผลการสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ปี 2565 พบว่าพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีเปลี่ยนแนวทางไปเป็นการใช้ชีวิตแบบออนไลน์ดิจิทัล นิยมใช้อินเทอร์เน็ตสูงมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แสดงถึงโอกาสและพื้นที่ทางการเรียนรู้ที่เปิดกว้างและมีอิทธิพลในชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น

การสร้างสรรค์สื่อเสมือนจริงเพื่อการเรียนรู้เป็นการนำเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality: VR) มาใช้ประโยชน์ในการถ่ายทอดและสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและเนื้อหา ทำให้เกิดการรับรู้ถึงข้อมูลอ้างอิงทางด้านภาพ เสียง ตำแหน่ง และบรรยากาศที่ผสานโลกแห่งความจริงและโลกเสมือนจริงเข้าด้วยกัน หรือเสมือนอยู่ในสถานที่จริง แม้ว่าสื่อเสมือนจริงถูกนับว่าเป็นประโยชน์ในการเรียนรู้ที่มีมานานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 เมื่อเทคโนโลยีความจริงเสมือนเป็นสาขาหนึ่งของงานวิจัยด้านคอมพิวเตอร์ ด้วยการสร้างภาพเสมือนของโมเดล 3 มิติ โดยใช้เทคนิคทางคอมพิวเตอร์กราฟิกร่วมกับการใช้จอภาพสวมศีรษะ 3 มิติ แต่ด้วยข้อจำกัดทางเทคโนโลยีที่การเข้าถึงสื่อเสมือนจริงเป็นลักษณะของการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ติดตั้งบนคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง ทำให้การเข้าถึงสื่อเสมือนจริงถูกใช้ไม่แพร่หลาย กระทั่งเกิดการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัลและการเติบโตของการใช้อินเทอร์เน็ต ทำให้สื่อเสมือนจริงสามารถใช้ได้ในระบบออนไลน์ (ธารทิพย์ รัตนวิจารณ์ และชนิชา พงษ์สนธิ, 2559) แต่ยังคงทำให้คนเพียงบางกลุ่มเข้าถึงเทคโนโลยีเสมือนจริง เช่น การใช้สื่อเสมือนจริงต้องมีการดาวน์โหลดซอฟต์แวร์มาติดตั้ง ส่วนใหญ่รองรับเฉพาะระบบคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และเครื่องคอมพิวเตอร์ต้องมีประสิทธิภาพสูงในการประมวลผล รวมถึงพฤติกรรมผู้ใช้งานระบบอินเทอร์เน็ตผ่านโทรศัพท์มือถือมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ทำให้การสร้างสื่อเรียนรู้จำเป็นต้องประยุกต์ให้เข้ากับวิถีชีวิตที่รวมสมัยที่เอื้อต่อศักยภาพในการเรียนรู้โดยง่ายและทั่วถึง

จากเหตุผลดังกล่าวทำให้โครงการออกแบบเว็บไซต์สื่ออินเทอร์เน็ตและพิพิธภัณฑสถานเสมือนจริง: ศูนย์สถาปัตยกรรมล้านนา คุ่มเจ้าบุรีรัตน์ (เจ้าน้อยมหาอินทร์ ณ เชียงใหม่) จึงประกอบด้วย ส่วนของเว็บไซต์ที่ทำหน้าที่ต่อบัณฑิตประสงค์ของศูนย์สถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทำหน้าที่ในการวิจัย จัดเก็บ และเผยแพร่ความรู้ทางด้านสถาปัตยกรรมล้านนา และศิลปวัฒนธรรมที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอนุรักษ์อาคารคุ่มฯ รวมถึงเว็บไซต์ต้องให้ข้อมูลทางสถาปัตยกรรมของคุ่มเจ้าบุรีรัตน์ (มหาอินทร์)⁴ ที่เป็นอาคารอนุรักษ์ อายุประมาณ 140 ปี เป็นบ้านเจ้านายฝ่ายเหนือที่ตั้งอยู่

³ “เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน” (Sustainable Development Goals หรือ SDGs) ขององค์การสหประชาชาติที่ทั่วโลกต่างให้ความสำคัญ มีทั้งหมด 17 เป้าหมาย (Goals) โดยเป้าหมายที่ 4 คือ สร้างหลักประกันว่าทุกคนมีการศึกษาที่มีคุณภาพอย่างครอบคลุมและเท่าเทียม และสนับสนุนโอกาสในการเรียนรู้ตลอดชีวิต (สหประชาชาติ, 2566)

⁴ อาคารคุ่มเจ้าบุรีรัตน์ หรือที่เรียกว่า คุ่มกลางเวียง เดิมเป็นของ เจ้าบุรีรัตน์ (เจ้าน้อยมหาอินทร์) หลานของเจ้าหลวงคำฝั้น (เจ้าหลวงเชียงใหม่ องค์ที่ 3) สันนิษฐานว่าสร้างขึ้นในช่วงปีใดปีหนึ่งระหว่าง พ.ศ. 2416 – ก่อนปี พ.ศ. 2425 เจ้าน้อยชมชื่น ณ เชียงใหม่ บุตรชายเจ้าบุรีรัตน์ ได้รับมรดกและเป็นผู้ครอบครองอาคารในระหว่างปี พ.ศ. 2436-2460 ต่อมานางบัวผัน นิกรพันธ์ (ทิพยมณฑล) ได้ซื้อต่อจากเจ้าบุษบา ณ เชียงใหม่ (ภริยาเจ้าน้อยชมชื่น ณ เชียงใหม่) และเป็นมรดกตกทอดมาถึงคุณเรียงพันธ์ ทิพยมณฑล (บุตรสาวนางบัวผันและเป็นน้ำสาวของอาจารย์จุลทัศน์ กิติบุตร) ซึ่งต่อมาตระกูลทิพยมณฑลและกิติบุตร ได้มอบอาคารคุ่มเจ้าบุรีรัตน์ (มหาอินทร์) ให้กับมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อเป็นอนุสรณ์แก่บรรพบุรุษตระกูลทิพยมณฑลและกิติบุตร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ใช้เป็นที่ทำการของศูนย์สถาปัตยกรรมล้านนา ภายใต้การดูแล และดำเนินงานของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กลางพื้นที่สำคัญกลางเมืองเชียงใหม่ที่ยังหลงเหลืออยู่ มีความเป็นมาทางประวัติศาสตร์ของล้านนา และมีลักษณะทางสถาปัตยกรรมที่มีคุณค่า⁵ ซึ่งปัจจุบันจัดเป็นสถานที่ท่องเที่ยวประเภทพิพิธภัณฑ์ ดังนั้นตัวเว็บไซต์จึงทำหน้าที่เสมือนหรือแทนศูนย์สถาปัตยกรรมล้านนาออนไลน์ ซึ่งเป็นสถานที่จัดนิทรรศการ รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกับศิลปวัฒนธรรมล้านนา โดยอาคารคุ่มฯ ยังทำหน้าที่เป็นแหล่งเรียนรู้ทางสถาปัตยกรรมทั้งในเชิงประวัติศาสตร์ และเชิงคุณค่าความงามและความหมาย รวมถึงกระบวนการและขั้นตอนในการอนุรักษ์ศิลปสถาปัตยกรรม แม้กระทั่งเป็นพื้นที่ในการพบปะแลกเปลี่ยนความรู้ หรือกิจกรรมต่าง ๆ โดยที่สื่อเสมือนจริงจะเป็นส่วนหนึ่งของเว็บไซต์เพื่อให้นักเรียนนักศึกษาประชาชนทั่วไปหรือผู้ที่สนใจสามารถเข้าชมผ่านอุปกรณ์ที่หลากหลาย ทำให้การเรียนรู้สามารถเข้าถึงเนื้อหาได้สะดวกใกล้ตัวมากยิ่งขึ้น ในรูปแบบของพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง (Virtual Museum) ดังนั้นการสร้างสรรค์สื่อเสมือนจริงเพื่อการเรียนรู้อาคารอนุรักษ์เชิงสถาปัตยกรรม: กรณีศึกษาสถาปัตยกรรมคุ่มเจ้าบุรีรัตน์ (มหาอินทร์) ศูนย์สถาปัตยกรรมล้านนา จึงเป็นทางเลือกในการศึกษาทางไกล สามารถเรียนรู้อย่างเท่าเทียมได้ตลอดชีวิตบนศักยภาพของเทคโนโลยีปัจจุบัน

กระบวนการผลิตผลงานสร้างสรรค์

กระบวนการผลิตผลงานสร้างสรรค์สื่อเสมือนจริงเพื่อการเรียนรู้อาคารอนุรักษ์เชิงสถาปัตยกรรม: กรณีศึกษาสถาปัตยกรรมคุ่มเจ้าบุรีรัตน์ (มหาอินทร์) ศูนย์สถาปัตยกรรมล้านนาประกอบด้วย

1. จัดเตรียมโครงสร้างเว็บไซต์เพื่อการนำเสนอของพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงมาเชื่อมต่อ (plug in) ให้สอดคล้องในภาพรวมและส่งเสริมการเรียนรู้
2. ออกแบบโครงสร้างและรูปแบบระบบพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง
3. เตรียมข้อมูลที่ใช้สร้างพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง ประกอบด้วย
 - 3.1 เนื้อหาทางประวัติศาสตร์ เพื่อกำหนดรูปแบบการนำเสนอพื้นที่และบรรยากาศของสถาปัตยกรรมคุ่มเจ้าบุรีรัตน์ (มหาอินทร์)
 - 3.2 รวบรวมและสร้างสรรค์ทรัพยากรที่ใช้ในการสร้างพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง ได้แก่ กลุ่มคำบรรยาย กลุ่มภาพประกอบและภาพเคลื่อนไหว 2 มิติ กลุ่มเสียงบรรยายเนื้อหาและเสียงประกอบการใช้งาน กลุ่มภาพถ่ายในมุมมอง 360 องศา กลุ่มวัตถุ 3 มิติ และกลุ่มอื่น ๆ
4. การจัดทำโครงร่างแบบจำลองเสมือนจริงและระบบโปรแกรมพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง
 - 4.1 ส่วนพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงระบบดิจิทัล ทำการจัดองค์ประกอบสภาพแวดล้อม 3 มิติ และเชื่อมโยงสื่อมัลติมีเดียต่าง ๆ ให้เกิดการปฏิสัมพันธ์บนพื้นที่เสมือนจริง
 - 4.2 ส่วนพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงระบบภาพถ่ายในมุมมอง 360 องศา ทำการนำข้อมูลภาพถ่ายในมุมมอง 360 องศา เข้าระบบประมวลผลเพื่อสร้างพื้นที่เสมือนจริงสำหรับการใช้งาน
5. ทดสอบการใช้งานพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงทั้งส่วนระบบดิจิทัลและระบบมุมมอง 360 องศา บนโปรแกรมที่ใช้สร้าง
6. นำเข้าระบบพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงทั้งสองส่วนสู่เว็บไซต์
7. ทดสอบการใช้งานพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงทั้งส่วนระบบดิจิทัลและระบบมุมมอง 360 องศา บนเว็บไซต์ในแพลตฟอร์มต่าง ๆ
8. ออกแบบแบบสอบถามและทำการสำรวจประเมินผลการใช้งานจากผู้ใช้
9. วิเคราะห์ผลการประเมินแล้วนำไปปรับปรุงระบบพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงทั้งสองส่วน

⁵ ได้รับ รางวัลอาคารอนุรักษ์ดีเด่น ด้านการอนุรักษ์ศิลปสถาปัตยกรรม ประเภทอาคารสถาบันและอาคารสาธารณะ จากสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ ในปี พ.ศ. 2548

อุปกรณ์ในการดำเนินการผลิตผลงานสร้างสรรค์

อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ได้แก่ อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลภาพถ่าย ภาพถ่าย 360 องศา ภาพเคลื่อนไหว อุปกรณ์บันทึกเสียง อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่เน้นศักยภาพทางด้านกราฟิก และอุปกรณ์แว่น VR และโทรศัพท์มือถือสำหรับการทดสอบ

อุปกรณ์ซอฟต์แวร์ ได้แก่ โปรแกรมกลุ่มจัดการภาพ 2 มิติ ได้แก่ Photoshop, Illustrator โปรแกรมกลุ่มจัดการภาพ 3 มิติ ในคอมพิวเตอร์ ได้แก่ 3ds Max Studio, Rhinoceros โปรแกรมกลุ่มจัดการระบบเสมือนจริง ได้แก่ Unreal Engine, Matterport และโปรแกรมกลุ่มจัดการระบบเว็บไซต์ ได้แก่ Google Sites, WordPress

ผลงานสร้างสรรค์

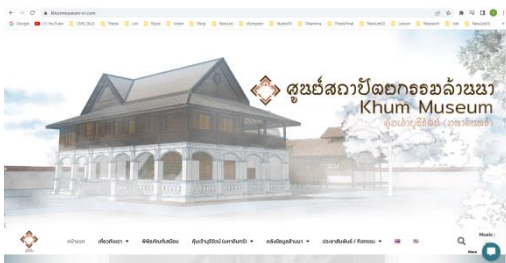
เว็บไซต์ศูนย์สถาปัตยกรรมล้านนา คุ่มเจ้าบุรีรัตน์ (มหาอินทร์) ดำเนินการภายใต้โดเมนเนม <https://khummuseum-vr.com> หรือ เว็บไซต์ศูนย์สถาปัตยกรรมล้านนา และสื่อสร้างสรรค์สื่อเสมือนจริง⁶

การเตรียมระบบเพื่อรองรับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อการเรียนรู้ออนไลน์ในอนาคต ประกอบด้วย

1. ความสมจริงของระบบดิจิทัล VR ความเร็วของระบบอินเทอร์เน็ตทั่วไปผ่านเว็บไซต์ ส่วนใหญ่ยังคงสามารถรองรับการดาวน์โหลดได้ประมาณ 4 นาที ทำให้คุณภาพทางกราฟิกยังมีข้อจำกัด ในอนาคตหากเทคโนโลยีระบบอินเทอร์เน็ตมีความเร็วมากขึ้น ทางโครงการได้ใช้วิธีการเตรียมฐานข้อมูลเพื่อพัฒนาระบบให้มีความสมจริงมากยิ่งขึ้น

2. เตรียมฐานข้อมูลแอปพลิเคชันเพื่อรองรับระบบ interactive ที่ทันสมัยมีศักยภาพมากขึ้น และสังคมออนไลน์เสมือนจริงในอนาคต ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางความชัดเจนในการใช้งานสังคมออนไลน์เพื่อการเรียนรู้สำหรับโครงการประเภทพิพิธภัณฑ์เชิงสถาปัตยกรรมในระบบเสมือนจริงที่เหมาะสม

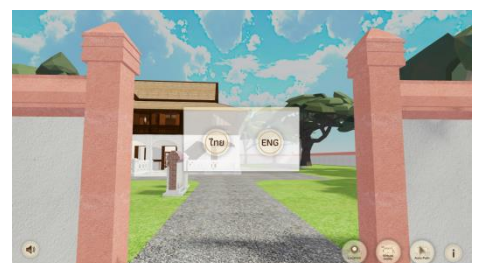
3. ได้มีการกำหนดระบบการจัดการแสดงนิทรรศการในพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงให้สามารถปรับเปลี่ยนเพิ่มเติมเนื้อหาที่ทันสมัยและน่าสนใจในอนาคต



โฮมเพจสำหรับเว็บไซต์และการเข้าถึงพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง



ทางเลือกสำหรับรูปแบบพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง



จุดเริ่มต้นสำหรับนักเรียน นักศึกษา บุคคลทั่วไป และองค์ประกอบการใช้งาน



บรรยากาศโดยรอบ



การเลือกตำแหน่งและนำชมอัตโนมัติ



ข้อมูลบรรยายเนื้อหาภาพและเสียง



6



โหมดบรรยากาศพื้นที่จัดแสดงเชิงประวัติศาสตร์



โหมดบรรยากาศพื้นที่จัดแสดงนิทรรศการจริงของคุ้มฯ



โหมดแสดงองค์ประกอบรายละเอียดการก่อสร้าง



โหมดบรรยากาศพื้นที่จัดแสดงเชิงประวัติศาสตร์



โหมดบรรยากาศพื้นที่จัดแสดงนิทรรศการจริงของคุ้มฯ



โหมดบรรยากาศพื้นที่จัดแสดงเชิงประวัติศาสตร์



โหมดแสดงองค์ประกอบรายละเอียดการก่อสร้าง



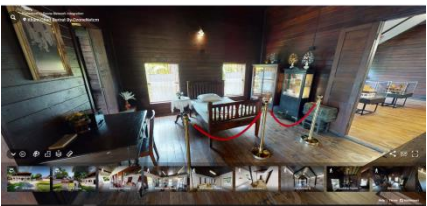
จุดเริ่มต้นสำหรับสถาปนิก นักอนุรักษ์ และองค์ประกอบการใช้งาน



สภาพพื้นที่และการจัดแสดงนิทรรศการ



การจัดแสดงนิทรรศการ



สภาพพื้นที่และการจำลองวิถีชีวิต



ภาพรายละเอียดทางสถาปัตยกรรม



ภาพรายละเอียดทางสถาปัตยกรรม



ความสัมพันธ์ของพื้นที่ใช้สอยกับการเลือกตำแหน่ง และนำชมอัตโนมัติ



ความสัมพันธ์ของพื้นที่ใช้สอยกับ รูปทรงอาคาร



ความสามารถในการแสดง ข้อมูลขนาดของพื้นที่

ผลสำรวจและข้อเสนอแนะของโครงการ

1. จากแบบสอบถาม focus group โดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ด้านการออกแบบ ด้านการใช้งานของระบบ ด้านเนื้อหา ด้านคุณภาพ ด้านองค์ประกอบของพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง อยู่ในระดับดี โดยมีค่ามัธยฐาน 83.14% และค่าฐานนิยมแบบแจกแจงความถี่ 82.61%

2. ผู้จัดทำโครงการนอกจากต้องเข้าใจเนื้อหาทางประวัติศาสตร์และสถาปัตยกรรมแล้ว ควรมีความรู้เรื่องการจัดองค์ประกอบ เทคนิคการสร้างปฏิสัมพันธ์ที่น่าสนใจ เทคนิคการสร้างระบบ สามารถแก้ปัญหาการเชื่อมโยงระบบพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงได้อย่างเหมาะสม

อ้างอิง

- กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. (2566). รายงานผลการสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ปี 2565. <https://www.etda.or.th/getattachment/78750426-4a58-4c36-85d3-d1c11c3db1f3/IUB-65-Final.pdf.aspx>
- คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2566). ศูนย์สถาปัตยกรรมล้านนา Khum Museum คู่มือผู้บริหาร (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่). <https://khummuseum-vr.com/>
- ธารทิพย์ รัตน์วิจารณ์ และชนิชา พงษ์สนธิ. (2559). “โลกเสมือนจริง” ที่กลายเป็น “โลกสมจริง” ในภาคอุตสาหกรรมการผลิต. *วารสารการสื่อสารและการจัดการ นิต้า*, 2(3), 97-114.
- นิเวศน์ นันทจิต. (2561). ยุทธศาสตร์การบริหารมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระยะ 4 ปี (พ.ศ. 2562-2565). https://planning.oou.cmu.ac.th/wp-content/uploads/2019/06/2019-06-20_07-45-51_62-65-.pdf
- สหประชาชาติ. (2566). การสนับสนุนของสหประชาชาติต่อเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนในประเทศไทย. เว็บไซต์ของสหประชาชาติ ประเทศไทย. <https://thailand.un.org/th/sdgs>



ภาคผนวก



คำสั่งมหาวิทยาลัยทักษิณ

ที่ 002/2566

เรื่อง คณะกรรมการฝ่ายวิชาการการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 34 และนานาชาติ ครั้งที่ 1
มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี 2566

The 34th National Conference and The 1st International Conference on ASEAN Sustainable
Development (ICASD 2023)

ด้วยสถาบันวิจัยและพัฒนา ร่วมกับวิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ กำหนดจัดการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 34 และนานาชาติ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี 2566 ภายใต้หัวข้อ : การวิจัยและนวัตกรรมสังคมมุ่งสู่เป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน (Research and Social Innovation for Sustainable Development Goal : SDGs) ดังนั้น เพื่อให้การเตรียมงานและการดำเนินการโครงการดังกล่าวเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและสัมฤทธิ์ผล อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 31 แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยทักษิณ พ.ศ. 2551 จึงแต่งตั้งบุคคลเป็นคณะกรรมการฝ่ายวิชาการการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 34 และนานาชาติ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี 2566 ราชนามดังนี้

- | | | |
|---|-------------------|------------------|
| 1. รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมัคร แก้วสุกแสง) | มหาวิทยาลัยทักษิณ | ประธานกรรมการ |
| 2. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม
(อาจารย์ ดร.ทิพย์ทิวา สัมพันธ์มิตร) | มหาวิทยาลัยทักษิณ | รองประธานกรรมการ |
| 3. ศาสตราจารย์ ดร.อนุรักษ์ ปัญญาวัฒน์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก) | | กรรมการ |
| 4. ศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ นัยวิกุล
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก) | | กรรมการ |
| 5. ศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อานเป็รื่อง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก) | | กรรมการ |
| 6. ศาสตราจารย์ ดร.พูนสุข ประเสริฐสรรพ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก) | | กรรมการ |
| 7. ศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา เรืองแสง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก) | | กรรมการ |

/8. ศาสตราจารย์...

- | | |
|--|---------|
| 8. ศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ สังข์รักษา
มหาวิทยาลัยศิลปากร (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก) | กรรมการ |
| 9. รองศาสตราจารย์ ดร.โยธิน แสงวงดี
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก) | กรรมการ |
| 10. รองศาสตราจารย์ ดร.สรรพลีธีร์ กล่อมเกล้า
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 11. รองศาสตราจารย์ ดร.สรพงศ์ เบญจศรี
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 12. รองศาสตราจารย์ ดร.กนกพร สังข์รักษ์
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 13. รองศาสตราจารย์ ดร.พนิตา กังซุ่น
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 14. รองศาสตราจารย์ ดร.กุสุมาลย์ น้อยผา
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 15. รองศาสตราจารย์ ดร.โสมศิริ เดชรัตน์
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 16. รองศาสตราจารย์ ดร.พัชลินจ์ จินนุ่น
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 17. รองศาสตราจารย์ยอดชาย พรหมอินทร์
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระวีวัฒน์ ไทยเจริญ
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย เทพนวล
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย เหมือนมาศ
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมาศ ปักเข็ม
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัศเบศวร์ เวชวิริยะกุล
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 24. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลลดา แสงมณี ศิริสาธิตกิจ
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |

/25. ผู้ช่วยศาสตราจารย์...

- | | |
|---|------------------|
| 25. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรจันทร์ ศิริโชติ
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 26. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุวัต สงสม
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 27. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นินนาท์ จันทรสุรีย์
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 28. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุไรวรรณ ทองแกมแก้ว
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 29. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรีดาภรณ์ กาญจนสำราญวงศ์
มหาวิทยาลัยทักษิณ | กรรมการ |
| 30. หัวหน้าสำนักงานสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ | เลขานุการ |
| 31. นางสาวรานี ชุ่นเซ่ง | ผู้ช่วยเลขานุการ |
| 32. นายชาญณรงค์ คงทน | ผู้ช่วยเลขานุการ |
| 33. นางสาวกัญญณัฐชัช เลียดรักษ์ | ผู้ช่วยเลขานุการ |
| 34. นายสิทธิกร แซ่หล่อ | ผู้ช่วยเลขานุการ |
| 35. นายจรัญ ปัจฉิมเพ็ชร | ผู้ช่วยเลขานุการ |
| 36. นางสาวณัฐธิดา รักบรรจง | ผู้ช่วยเลขานุการ |

หน้าที่และความรับผิดชอบ

1. พิจารณารูปแบบการดำเนินงานกิจกรรมการนำเสนอผลงานวิชาการ
2. พิจารณารายละเอียดในการจัดประชุมวิชาการระดับชาติฯ ให้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย
3. ดำเนินการพิจารณาคัดเลือกผลงานวิจัยเพื่อนำเสนอภาคบรรยาย และภาคโปสเตอร์
4. ตรวจสอบรูปแบบและความถูกต้องของบทความวิจัย และจัดทำรายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ (proceedings)
5. กำหนดรายละเอียดการนำเสนอผลงานวิจัยเพื่อนำเสนอภาคบรรยาย และภาคโปสเตอร์

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้จนกว่าการดำเนินโครงการฯ จะเสร็จสิ้น

ประกาศ ณ วันที่ 10 เมษายน พ.ศ. 2566



(รองศาสตราจารย์ ดร.สมัคร แก้วสุกแสง)

รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม



คำสั่งมหาวิทยาลัยทักษิณ

ที่ 003/2566

เรื่อง แต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาตัดสินรางวัลการนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์
การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 34 และนานาชาติ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี 2566

ด้วยสถาบันวิจัยและพัฒนา ร่วมกับวิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ กำหนดการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 34 และนานาชาติ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี 2566 ดังนั้น เพื่อให้การเตรียมงานและการดำเนินการโครงการดังกล่าวเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและสัมฤทธิ์ผล อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 27 และ 31 แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยทักษิณ พ.ศ. 2551 ประกอบกับคำสั่งมหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ 1764/2566 ลงวันที่ 12 มิถุนายน พ.ศ. 2566 เรื่อง มอบอำนาจและภารกิจให้รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม ปฏิบัติหน้าที่แทนอธิการบดี จึงขอแต่งตั้งบุคคลเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาตัดสินรางวัลการนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 34 และนานาชาติ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี 2566 ราชนามดังนี้

- | | |
|---|------------------------|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.สมัคร แก้วสุกแสง | ประธานผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร.พัชลินจ์ จินนุ่น | รองประธานผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 3. รองศาสตราจารย์ ดร.กนกพร สังข์รักษ์ | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 4. รองศาสตราจารย์ ดร.พนิดา กิ่งชุ่น | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 5. รองศาสตราจารย์ ดร.ศรชัย อินทะไชย | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 6. รองศาสตราจารย์ ดร.สรพงศ์ เบญจศรี | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 7. รองศาสตราจารย์ ดร.สรรพลสิทธิ์ กล่อมเกล้า | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 8. รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติยศ วรเดช | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 9. รองศาสตราจารย์ ดร.โสเมศิริ เดชารัตน์ | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 10. รองศาสตราจารย์ ดร.กุสุมาลย์ น้อยผา | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 11. รองศาสตราจารย์ยอดชาย พรหมอินทร์ | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย เหมือนมาศ | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวนพิศ ชุมคง | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลลดา แสงมณี ศิริสาธิตกิจ | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณวงค์ บุณนาค | ผู้ทรงคุณวุฒิ |

/16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์...

- | | |
|---|---------------|
| 16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัชชา มหปัญญานนท์ | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัฒน์ชัย เทพนวล | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมาศ ปักเข็ม | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัศเบศร์ เวชวิริยะกุล | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระวีวัฒน์ ไทยเจริญ | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภฎา ศิริรัฐนิคม | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุวัต สงสม | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรจันทร์ ศิริโชติ | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 24. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสริมศักดิ์ ขุนพล | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 25. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีดาภรณ์ กาญจนสำราญวงศ์ | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 26. อาจารย์ ดร.พินิจ ดวงจินดา | ผู้ทรงคุณวุฒิ |

หน้าที่และความรับผิดชอบ

1. ทำหน้าที่ประธาน และผู้ทรงคุณวุฒิดำเนินการควบคุมการนำเสนอผลงานวิจัยในแต่ละ Session
2. พิจารณาตัดสินรางวัลผลงาน การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้จนกว่าการดำเนินโครงการฯ จะเสร็จสิ้น

สั่ง ณ วันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2566



(รองศาสตราจารย์ ดร.สมัคร แก้วสุกแสง)

รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม ปฏิบัติหน้าที่แทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยทักษิณ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความวิจัย

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	มหาวิทยาลัย
1	รศ.ดร.กาวิ ศรีกุลกิจ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2	รศ.ดร.ชาตรี ใต้ฟ้าพูล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3	รศ.ดร.อาทิตย์ อัครวสุชี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
4	ผศ.ดร.พรชัย หาระโคตร	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
5	ผศ.ดร.เพ็ญวิสาข์ พิสิฐฐศักดิ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
6	ผศ.ดร.สกุลกานต์ สิมลา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
7	ผศ.ดร.บุษกร คงเอียด	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
8	ผศ.ดร.ธเนศ ไชยชนะ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
9	ผศ.ดร.อมรรัตน์ ชุมทอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
10	รศ.ดร.สุภาวดี รามสูตร	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
11	อ.รวีสรา ศรีชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
12	ผศ.ดร.อมรรัตน์ ชุมทอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
13	ผศ.ดร.ปฎิมากร จันทรพริ้ม	มหาวิทยาลัยราชชมงคลศรีวิชัย
14	รศ.ดร.จ่านงค์ ณะภพ	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
15	ผศ.ดร.พาริดา เจะเอาะ	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
16	ผศ.ดร.ธนวดี พรหมจันทร์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
17	รศ.ดร.มนตรี กาญจนะเดชะ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
18	ดร.กรกวิน เบญจศรี	โรงเรียนบ้านลำแพะ
19	ดร.สุรสิทธิ์ วิเศษสิงห์	วิทยาลัยนาฏศิลป์นครศรีธรรมราช
20	ดร.พุทธร วาณิชกร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
21	ผศ.ดร.อมลวรรณ วีระธรรมโม	สำนักงานเลขาธิการคุรุสภา
22	รศ.ดร.สุภาวดี พุ่มพวง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
23	รศ.ดร.ยุรพร ศุภรัตน์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
24	ศ.ดร. บังอร ศรีพานิชกุลชัย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
25	รศ.ดร.วงศ์วิวัฒน์ ทศนียกุล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
26	ผศ.ดร.มณี มีมาก	มหาวิทยาลัยทักษิณ

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	มหาวิทยาลัย
27	ผศ.ดร. อรจันทร์ ศิริโชติ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
28	รศ.ยอดชาย พรหมอินทร์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
29	รศ.ดร. สรรพสิทธิ์ กล่อมเกล้า	มหาวิทยาลัยทักษิณ
30	ผศ.ดร. สุภฎา ศิริรัฐนิคม	มหาวิทยาลัยทักษิณ
31	รศ.ดร. กนกพร สังข์รักษ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
32	ผศ.ดร. พัศเบศร์ เวชวิริยะกุล	มหาวิทยาลัยทักษิณ
33	รศ.ดร. พิชลินจ์ จินนุ่น	มหาวิทยาลัยทักษิณ
34	ผศ.ดร. อุไรวรรณ ทองแกมแก้ว	มหาวิทยาลัยทักษิณ
35	ผศ.ดร. ชุติมา แก้วพิบูลย์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
36	ผศ.ดร. โชคชัย เหมือนมาศ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
37	ผศ.ดร. นันทรัตน์ พลุกษาพิทักษ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
38	รศ.ดร. พนิดา กิ่งซุ่น	มหาวิทยาลัยทักษิณ
39	ผศ.ดร. รวมพร นิคม	มหาวิทยาลัยทักษิณ
40	ผศ.ดร. วรณฤดี หิรัญรัตน์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
41	รศ.ดร. สรพงศ์ เบญจศรี	มหาวิทยาลัยทักษิณ
42	ผศ.ดร. ฌวงค์ บุนนาค	มหาวิทยาลัยทักษิณ
43	ผศ.ดร. นินนาท์ จันทรสุรีย์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
44	ผศ.ดร. คมกริช โชคพระสมบัติ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
45	ผศ.ดร. ธวัชณ์ชัย เทพนวล	มหาวิทยาลัยทักษิณ
46	ดร.คณิดา สิ้นใหม่	มหาวิทยาลัยทักษิณ
47	ดร.จันทวรรณ น้อยศรี	มหาวิทยาลัยทักษิณ
48	ผศ.ดร. นพมาศ ปักเข็ม	มหาวิทยาลัยทักษิณ
49	ผศ.ดร. ศิวพร แซ่วัน	มหาวิทยาลัยทักษิณ
50	ผศ.ดร. สิริยา สิทธิสาร	มหาวิทยาลัยทักษิณ
51	ดร.อรสา อนันต์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
52	ผศ.ดร. สารภี ไชยรัตน์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
53	รศ.ดร. โสมศิริ เดชารัตน์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
54	รศ.ดร. กุสุมาลย์ น้อยผา	มหาวิทยาลัยทักษิณ
55	ดร.จากรัตน์ ปัญญู	มหาวิทยาลัยทักษิณ

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	มหาวิทยาลัย
56	ดร.สุภาพร เมฆสรี	มหาวิทยาลัยทักษิณ
57	ผศ.ดร.ชวนพิศ ชุมคง	มหาวิทยาลัยทักษิณ
58	ผศ.ดร.ณัชชา มหปยุญานนท์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
59	ผศ.ดร.นพเก้า ณ พัทลุง	มหาวิทยาลัยทักษิณ
60	ผศ.ดร.เมธี ดิสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
61	รศ.ดร.รุ่งชัชดาพร เวหะชาติ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
62	ดร.สุธาสินี บัญญาพิทักษ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
63	ผศ.สมชาย เลี้ยงพรพรรณ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
64	ผศ.ดร.อมรรัตน์ ถนนแก้ว	มหาวิทยาลัยทักษิณ
65	ดร.ศิลป์ชัย สุวรรณมณี	มหาวิทยาลัยทักษิณ
66	ดร.โกมลมณี เกตตะพันธ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
67	รศ.ดร.ชินสัคค สุวรรณอัจฉริย	มหาวิทยาลัยทักษิณ
68	ผศ.สุธรรม ขนาศักดิ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
69	ผศ.ดร.อนุวัต สงสม	มหาวิทยาลัยทักษิณ
70	ดร.ธนวิทย์ บุญสิทธิ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
71	ผศ.ดร.ชลลดา แสงมณี ศิริสาธิตกิจ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
72	ผศ.ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
73	ผศ.ดร.ทวนจง ครุฑจ้อน	มหาวิทยาลัยทักษิณ
74	ผศ.ปรีดาภรณ์ กาญจนสำราญวงศ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
75	อ.ดร.ณภัทร แก้วภิบาล	มหาวิทยาลัยทักษิณ
76	ผศ.ดร.ธิดารัตน์ จุทอง	มหาวิทยาลัยทักษิณ
77	ผศ.ดร.พีรนาฏ คิติดี	มหาวิทยาลัยทักษิณ
78	ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ศรีสมุทร	มหาวิทยาลัยทักษิณ
79	ผศ.ดร.ระวีวัฒน์ ไทยเจริญ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
80	อ.ดร.สุวรรณี เปลี้นรัมย์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
81	ผศ.ดร.ธนภัทร เต็มรัตน์กุล	มหาวิทยาลัยทักษิณ
82	ผศ.ดร.ธนพล อยู่เย็น	มหาวิทยาลัยทักษิณ
83	ดร.อับดุลฮาгим มะดีเยาะ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
84	อ.ดร.วิษณุ นภาพันธ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	มหาวิทยาลัย
85	อ.ดร.ตั๋ย บัณฑิตศักดิ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
86	อ.ดร.สุกาญจนา กำลิ่งมาก	มหาวิทยาลัยทักษิณ
87	อ.ดร.ยมล พิทักษ์ภาวศุทธิ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
88	อ.เสาวนีย์ เล็กบางพง	มหาวิทยาลัยทักษิณ
89	อ.ศรัณญภัส รักสีล	มหาวิทยาลัยทักษิณ
90	ผศ.ดร.แจ่มจันทร์ เพชรศิริ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
91	อ.ดร.ธัญชนก พูนศิลป์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
92	อ.ดร.วัลลยา ธรรมอภิบาล อินทนน	มหาวิทยาลัยทักษิณ
93	ผศ.ดร.มณฑนา พิพัฒน์เพ็ญ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
94	ผศ.ดร.ชลธิรา แสงสุบัน	มหาวิทยาลัยทักษิณ
95	อ.ดร.เกษศิริรินทร์ รัตจร	มหาวิทยาลัยทักษิณ
96	ผศ.ดร.ทวีเดช ไชยนาพงษ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
97	อ.ชัยวัฒน์ จุมพลกุล	มหาวิทยาลัยทักษิณ
98	อ.ดร.นฤมล อินทร์ตัน	มหาวิทยาลัยทักษิณ
99	ผศ.ดร.ชัชวีร์ แก้วมณี	มหาวิทยาลัยทักษิณ
100	อ.ดร.อภิรัตน์ดา ทองแกมแก้ว	มหาวิทยาลัยทักษิณ
101	อ.ดร.กิตติธัช คงชะวัน	มหาวิทยาลัยทักษิณ

